



DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LOS ENSAYOS  
REALIZABLES EN LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL DE LA  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

TRABAJO DE GRADO

CESAR AUGUSTO PUERTO COMBITA  
capuerto67@ucatolica.edu.co

LUIS FELIPE SIERRA  
lfsierra58@ucatolica.edu.co

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ DC  
2018

DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LOS ENSAYOS  
REALIZABLES EN LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL DE LA  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

CESAR AUGUSTO PUERTO COMBITA  
capuerto67@ucatolica.edu.co

LUIS FELIPE SIERRA HERRERA  
lfsierra58@ucatolica.edu.co

TRABAJO DE GRADO

Director  
CESAR DAVID QUINTANA CABEZA  
Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ DC  
2018



## Atribución 2.5 Colombia (CC BY 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

**Atribución 2.5 Colombia (CC BY 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

hacer un uso comercial de esta obra



### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá D.C., mayo-2018

***Declaratoria de originalidad:***

“El presente documento tiene como objetivo dar cumplimiento a los requerimientos establecidos por la Universidad Católica de Colombia para obtener el título de ingenieros civiles, en el cual se aplicaron todos los conocimientos obtenidos durante el desarrollo de la carrera universitaria, por otra parte se realizaron consultas e investigaciones en diferentes medios los cuales están debidamente referenciados”.

Cesar Augusto Puerto Combata  
Código: 504767

Luis Felipe Sierra Herrera  
Código: 504758

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de grado es dedicado a:

Principalmente a nuestras familias, las cuales con su apoyo incondicional, motivación y amor siempre estuvieron presentes para llevar a cabo el desarrollo con éxito de nuestras carreras, especialmente a nuestros padres los cuales realizaron un gran esfuerzo para brindarnos la oportunidad de ser profesionales.

A nuestros hermanos que nos brindaron su colaboración y siempre estuvieron ahí para darnos consejos y así poder llevar con éxito la ejecución de esta etapa de nuestras vidas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente a Dios el cual nos otorga la salud y el conocimiento para cumplir con todos los objetivos requeridos para culminar esta etapa de nuestras vidas.

A nuestros docentes, los cuales con su experiencia nos transmitieron cada uno de sus conocimientos para enriquecer nuestro saber en la profesión como ingenieros civiles.

A nuestros compañeros con los cuales siempre contamos con su apoyo en cada una de las asignaturas vistas.

Al Ingeniero Cesar David Quintana por apoyarnos en todo el desarrollo del trabajo de grado y brindarnos su asesoría incondicionalmente.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	5
1. PRELIMINARES .....	6
1.1 TÍTULO .....	6
1.2 ALTERNATIVA. ....	6
1.3 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.4 EJE TEMÁTICO.....	6
1.5 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN .....	7
1.6 ANTECEDENTES.....	7
1.7 JUSTIFICACIÓN.....	8
1.8 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	9
1.8.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL (PLANTEAMIENTO).....	9
1.8.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.9.1 MARCO TEORICO. ....	12
1.9.2 MARCO CONCEPTUAL .....	14
1.9.3 MARCO LEGAL .....	15
1.10. OBJETIVOS.....	20
1.10.1 OBJETIVO GENERAL .....	20
1.10.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
1.11 ALCANCES Y LIMITACIONES. ....	21
1.11.1 ALCANCES.....	21
1.11.2 LIMITACIONES.....	21
1.12 METODOLOGÍA .....	22
1.12.1 MATRIZ METODOLÓGICA .....	22
1.12.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	23
1.12.3 PRODUCTOS A ENTREGAR.....	23
1.12.4 INSTALACIONES Y EQUIPO REQUERIDO. ....	24
1.12.5 PRESUPUESTO DEL TRABAJO Y RECURSOS FINANCIEROS. ....	24
1.12.6 ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN.....	24
2. ENSAYOS REALIZABLES EN LOS LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA.....	25
DE COLOMBIA.....	25
3. RECURSOS.....	39



4. CARACTERIZACION Y SISTEMATIZACION DE COSTOS DE PRODUCCION	49
4.1 PRECIOS EN EL MERCADO .....	49
4.2 TARIFAS HORARIAS DE LOS EQUIPOS.....	50
4.3 COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LOS ENSAYOS .....	57
CONCLUSIONES .....	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88

## CONTENIDO DE TABLAS

TABLA #1 ENSAYOS-NORMA.....	19
TABLA #2. MATRIZ METODOLÓGICA .....	23
TABLA#3. PRODUCTOS A ENTREGAR .....	24
TABLA #4. PRESUPUESTO.....	24
TABLA #5. ENSAYOS REALIZABLES .....	27
TABLA #6. ESTADÍSTICAS DE LOS ENSAYOS .....	37
TABLA#7. RECURSOS UTILIZADOS .....	40
TABLA#8. RENDIMIENTO HORAS-HOMBRE .....	48
TABLA #9. PRECIOS EQUIPOS .....	50
TABLA #10. TARIFA HORARIA BALANZA. ....	52
TABLA #11. TARIFA HORARIA HORNO ELÉCTRICO.....	53
TABLA #12. TARIFA HORARIA AGITADOR MECÁNICO.....	54
TABLA #13. TARIFA HORARIA PRENSA HIDRÁULICA .....	55
TABLA #14. TARIFA HORARIA MOLDES METÁLICOS.....	56
TABLA #15. TARIFA HORARIA PENETRO METRO DINÁMICO.....	57
TABLA #16. TARIFA HORARIA MICRO DEVAL .....	58
TABLA #17. TARIFA HORARIA CONO DE ARENA.....	59
TABLA #18. TARIFA HORARIA SPEDDY .....	60
TABLA #19. TARIFA HORARIA MAQUINA DIGITAL PARA COMPRESIÓN .....	61
TABLA #20. TARIFA HORARIA CONSOLIDO METRO .....	62
TABLA #21. TARIFA HORARIA TAMIZADORA .....	63
TABLA #22. TARIFA HORARIA MARTILLO COMPACTADOR.....	64
TABLA #23. TARIFA HORARIA BAÑO TERMOSTÁTICO .....	65
TABLA #24. TARIFA HORARIA TAMIZ NO.4.....	66
TABLA #25. TARIFA HORARIA TAMIZ NO.3.....	67
TABLA #26. TARIFA HORARIA TAMIZ $\frac{3}{4}$ “ .....	68
TABLA #27. TARIFA HORARIA TAMIZ $\frac{3}{8}$ ”.....	69
TABLA #28. TARIFA HORARIA HIDRÓMETRO .....	70
TABLA #29. TARIFA HORARIA DEFORMIMETRO .....	71
TABLA #30. TARIFA HORARIA BATIDORA MECÁNICA .....	72
TABLA #31. EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADOS FINOS..	73
TABLA #32. 10% FINOS VIA SECA.....	74

TABLA #33. 10% FINOS VIA HUMEDA .....	74
TABLA #34. PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO (PDC).....	75
TABLA #35. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AGREGADO GRUESO (MICRO DEVAL) .....	75
TABLA #36. ALARGAMIENTO Y APLANAMIENTO.....	76
TABLA #37. TERRONES DE ARCILLA.....	76
TABLA #38. DENSIDAD O MASA UNITARIA DEL SUELO EN EL TERRENO MÉTODO DEL CONO DE ARENA .....	77
TABLA #39. COMPRESION INCONFINADA DE LOS SUELOS.....	77
TABLA #40. CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS .....	78
TABLA #41. ANALISIS GRANULOMETRICO .....	78
TABLA #42 RELACIONES DE HUMEDAD – MASA UNITARIA SECA EN LOS SUELOS .....	79
TABLA #43 CBR DE LABORATORIO .....	80
TABLA #44 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDROMETRÍA.....	80
TABLA #45. PRECIOS PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA .....	82
TABLA #46. PRECIOS UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.....	83
TABLA #47. PRECIOS UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA .....	84

## INTRODUCCIÓN

La Universidad Católica de Colombia cuenta con gran variedad de laboratorios de Ingeniería civil, esta es una entidad encargada de apoyar las actividades académicas y de investigación de la facultad de ingeniería. Estos laboratorios se encuentran a la vanguardia en equipos y tecnologías de evaluación de materiales de construcción (ensayos de estructuras, geotecnia, hidráulica y pavimentos).

Actualmente existen diferentes entidades externas las cuales requieren del préstamo de los servicios de laboratorio a la hora de ejecutar un proyecto, ya que por medio de estos ensayos se pueden analizar los diferentes comportamientos de los materiales frente al entorno en el que se vaya a desarrollar y así lograr un óptimo desempeño de estos, es importante destacar que estas entidades podrían recurrir a los laboratorios de la Universidad Católica de Colombia con el fin de adquirir estos servicios.

El propósito de esta investigación es implementar los costos de producción que cada uno de estos servicios implica ya que partiendo de esto se puede obtener el análisis preciso de presupuesto para realizar cada uno de los ensayos y así poder determinar los gastos que se requieren de cada operación con el fin de calcular la utilidad que le generaría a la universidad.

Este proceso lo haremos entrando en detalle a observar todos los análisis que requieran los ensayos de laboratorio para así dejar a la universidad un preciso esquema de los que son factibles a realizar y los que debido a problemas con los equipos no se puedan hacer en su totalidad, también se desea dejar un costo estipulado para el desarrollo de cada ensayo, esto es de gran beneficio para la universidad pues podrá tener una línea base de cobro de venta al público, además el presente trabajo contiene estadísticas de los ensayos que se realizan en un semestre en la universidad, un inventario de los recursos con lo que cuenta la universidad para el desarrollo de los laboratorios; también se analizara los tiempos efectivos que realmente se gastan en horas-hombre para así presentar un rendimiento en cada ensayo a realizar.

## 1. PRELIMINARES

### 1.1 TÍTULO

Determinación de los costos de producción de los ensayos realizables en los laboratorios de ingeniería civil de la universidad católica de Colombia

### 1.2 ALTERNATIVA.

Trabajo de investigación

### 1.3 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Construcción y administración de obras

### 1.4 EJE TEMÁTICO.

Costos de producción

## 1.5 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

### 1.6 ANTECEDENTES

Algunas instituciones universitarias como Los Andes, Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, EAFIT, Universidad de Medellín y Jorge Tadeo Lozano de Bogotá (ver anexo 1), poseen sendas bases de datos acerca de los ensayos que realizan, el precio de venta al público e, incluso, hasta el precio de la hora por uso de determinados laboratorios.

En algunas de esas universidades, los equipos y herramientas que los estudiantes o profesores utilizan en sus prácticas son entregados con base en una lista que el software de administración del laboratorio detalla al inmediato del registro del pago o, al momento de la autorización del cupo en la agenda.

En otras de esas instituciones, si el elemento a ensayar no tiene trazabilidad aún en sus laboratorios, el primer ensayo que se realice es gratis y solo es necesario proveer los datos más exactos posibles sobre su extracción o sitio de producción.

Son avances muy significativos en la administración de laboratorios de ingeniería que bien valen la pena ser adoptados en la Universidad Católica de Colombia aunque adaptándolos a sus condiciones.

Otro antecedente importante en la administración de laboratorios es la norma ISO 17025 que, aunque depende de la aplicación de la ISO 9001, hace un aporte significativo a la administración (gestión) de laboratorios y establece requisitos técnicos estandarizados.

Aunque podrían citarse los antecedentes de la ingeniería de costos, es en realidad en el desarrollo de este trabajo de grado donde se van a aplicar pues, en los casos citados en el primer párrafo, el precio de mercado ha sido el imperativo para fijar el precio pero sin saber cuál es el margen de ganancia o de pérdida.

## 1.7 JUSTIFICACIÓN

En aras de prestar los servicios de laboratorio por parte de la Universidad Católica de Colombia a quienes estén interesados, es necesario que las instalaciones de los laboratorios al igual que los equipos cumplan con los requisitos estipulados por la norma internacional ISO/IEC 17025 (requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración).

La citada norma involucra los ensayos y las calibraciones que se realizan utilizando métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el propio laboratorio.

Sin embargo, antes de introducir al personal técnico y administrativo que trabaja en los laboratorios en el cumplimiento de la ISO 17025, es necesario que la institución cuente con una línea base muy elaborada desde el punto de vista objetivo que le permita elaborar un diagnóstico y definir la visión.

Esa línea base consiste en la compilación de los costos de producción de los ensayos que son factibles de realizar conforme a las normas que los reglamenten.

Es por esto que, para toda la comunidad académica, es importante la elaboración de este trabajo de grado porque, a partir de la aplicación de una teoría de costos, se definirá una línea base de información que precise la realidad de los ensayos factibles que se realizan en los laboratorios, el cumplimiento a la norma que los rige en su ejecución y el costo de producción más aproximado posible.

Con esto, también se busca, que la universidad pueda prestar estos servicios con fines de que el nombre de la universidad se exalte en procesos externos que involucren la realización de los ensayos con lo que la universidad cuenta.

## 1.8 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.8.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL (PLANTEAMIENTO)

La Universidad Católica de Colombia, en el Bloque R de la sede El Claustro, dispone de espacios para el desarrollo de ensayos y prácticas de laboratorio en mecánica de suelos, análisis de mezclas de concretos rígidos y flexibles, resistencia de materiales, mecánica de fluidos, tratamiento de aguas, entre otros.

Los laboratorios de ingeniería civil hacen parte de la infraestructura que la facultad de ingeniería dispone como apoyo a la docencia, investigación, extensión e internacionalización del programa de ingeniería civil y, en ocasiones, a los programas de arquitectura e ingeniería industrial.

En los laboratorios de ingeniería civil se desarrollan dos tipos de prácticas bien diferenciadas:

- a) la práctica dirigida, que consiste en una sesión de una o dos horas de permanencia de estudiantes, profesor y laboratoristas dispuestos a llevar a cabo uno o varios ensayos siguiendo el método de una guía o de una norma y cuyos resultados sirven al afianzamiento del aprendizaje o el apoyo de la enseñanza y bajo el liderazgo del profesor, y
- b) La práctica libre, que consiste en una sesión de tiempo definido por el estudiante o docente interesado, siempre que haya disponibilidad de tiempo en la agenda de los laboratorio, que sirve para realizar ensayos o prácticas cuyos resultados sirven a sus objetivos específicos de sus trabajos de grado, en esencia.

En los laboratorios de ingeniería civil adolece de tareas de extensión ni jornadas de ensayos (o prácticas) continuadas; tampoco se llevan a cabo tareas de trazabilidad entendida como la sistematización de los resultados obtenidos en los ensayos o prácticas que se realizan. Solo hasta el primer período académico se han recolectado estadísticas sobre número de repeticiones de los ensayos que se realizan en los laboratorios y por áreas.

En las estadísticas, es común encontrar registros sobre asistencia de alumnos a las prácticas dirigidas y, en ocasiones, a las prácticas libres pero con sumo esfuerzo es posible establecer el número de veces que se repite una práctica en un lapso de tiempo pues los nombres de las prácticas no están estandarizadas y cada laboratorista consigna en los formularios su apreciación.



A pesar que la infraestructura dispuesta por la facultad para el desarrollo de las prácticas de laboratorio de ingeniería civil contribuye en la satisfacción de los requerimientos básicos de las asignaturas servidas y de los trabajos de grado, no es posible definir una cifra monetaria de esa contribución que le permita a la decanatura de la facultad y a la dirección del programa de ingeniería civil cuánto está aportando a la consecución exitosa de cada trabajo de grado o a la inversión en cada asignatura.

En los anteproyectos de trabajo de grado, así como en proyectos de investigación, es obligatoria la presentación de una relación de ingresos y egresos. Para el caso de las prácticas de laboratorio no existe una base de datos de costos asociados a cada práctica de laboratorio.

En la operación de los equipos y herramientas, son los laboratoristas quienes tienen la responsabilidad; así mismo, la de su mantenimiento y conservación; sin embargo, no reportan los daños/obsolescencias a tiempo y realizan los ensayos en las condiciones que ellos consideran.

En cuanto a ensayos, en el tema de pavimentos, en los laboratorios de ingeniería civil se puede realizar el Proctor en un 100%. El ensayo de CBR no se realiza al 100% por cuestiones de tiempo ya que la muestra debe durar 4 días sumergida y por el calendario académico no es recomendable y por falta de tanques para sumergir las muestras. Para este ensayo se tiene un equipo digital para medir los datos correspondientes pero no es preciso. Cono dinámico de PDC: se realiza al 100%. Cono de arena: se realiza al 100%. Humedad: se realiza en su 100%, se tiene el humedometro "Speedy".

Para granulares, el ensayo de desgaste por microdeval si se realiza pero el material de las esferas del equipo fallan a la hora de realizar el ensayo puesto que estas no todas son hechas en metal. Azul de metileno: se cuenta con el reactivo pero falta un recipiente de color ámbar para conservarlo. 10% de finos: falta adecuar el equipo para comprimir la muestra pues esta tiene complicaciones para ser ingresada en él una vez se tiene la muestra armada con los cilindros metálicos que soportan las cargas.

Pérdidas de solidez con sulfatos: no se realiza pues faltan platones, no hay sulfatos de sodio o hay muy poco, al igual que el magnesio y por cuestiones de tiempo puesto que el ensayo dura 5 días. Equivalente de arena: se realiza pero las probetas no cumplen con las unidades de medición establecidas por las normas correspondientes, pues estas deben medir en milímetros y con las que se cuentan miden en pulgadas. Continuidad de terrones de arcilla: se realiza al 100%. Índice de alargamiento y aplanamiento: se realiza al 100%. Caras fracturadas: se realiza no al 100% pero si se hace.

En cuanto al tema de cementos asfálticos, el ensayo de ductilidad: se realiza al 100%. El ensayo de Punto de ablandamiento: se realiza al 100%. Viscosidad, se

realiza pero se usa el equipo de Brent Ford, puesto que, el equipo de saybolt-furol se encuentra obsoleto. El ensayo de penetración se realiza pero el equipo se encuentra muy deteriorado.

El ensayo de compactación: se realiza pero el equipo mecánico se encuentra averiado, entonces se compacta la muestra manualmente. El ensayo de punto de llama y punto de ignición ya no se realizan por el daño de la copa Cleveland. El ensayo Marshall se realiza, pero la manera de fallar la muestra se hace manualmente.

Los ensayos de granulometría, hidrometría, límites de consistencia, permeabilidad, gravedad específica, módulo de finura se realizan al 100%. El ensayo de consolidación se realiza pero solo se hace un ciclo por cuestiones de tiempo. En este semestre se podrán realizar los ensayos que requieran de un equipo de compresión triaxial y de corte directo.

Resistencia a sulfatos, masas unitarias, elaboración de cilindros de cemento y sus debidas fallas, densidad, consistencia normal del cemento hidráulico y ensayos a compresión, se pueden hacer.

En cuanto a diseño de asfaltos se realiza diseño Marshall y ensayo de fatiga de mezclas asfálticas por probetas.

### 1.8.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

En aras de estimar la cantidad de recursos necesarios (materiales, insumos, equipos, herramientas, mano de obra calificada, entre otros) para la correcta ejecución de cada uno de los ensayos de mecánica de suelos, mecánica de sólidos y mezclas de concretos hidráulicos y asfálticos factibles de realizar que permita estimar el monto de inversión que la facultad de ingeniería y el programa de ingeniería civil realizan en los laboratorios de ingeniería civil de la Universidad Católica de Colombia en cada oportunidad que se realiza uno de los ensayos de laboratorio y que, a la vez, sirva como un primer paso en la definición sistemática de suministros y dotación anual, consideramos esencial buscar la respuesta a la pregunta:

¿La aplicación de la teoría del análisis del precio unitario arrojará un estimado de costo de producción para cada ensayo de laboratorio que se realice en las secciones de mecánica de suelos, pavimentos y materiales de los laboratorios de ingeniería civil?

## 1.9 MARCOS DE REFERENCIA

### 1.9.1 MARCO TEORICO.

A lo largo de la historia de la humanidad, la ingeniería civil se ha visto en la necesidad de crear ensayos de laboratorio con los cuales se ha de lograr obtener resultados de propiedades de muestras de materiales y suelos, cálculos de fallas, medidas, con el fin de que esto brinde al ingeniero y a la obra en concepto una aproximación cercana al comportamiento que tienen estos factores en la obra y de esta manera facilitar el diseño de las estructuras que construimos. Así mismo con el transcurrir de los años entidades públicas y privadas han otorgado y publicado normas, artículos, reformas, etc.

Entidades como la Pontificia universidad Javeriana y la universidad de los Andes quienes cuentan con una gran variedad de instalaciones propias y adecuadas para la elaboración de cada uno de los ensayos que se realizan para cada una de las áreas del programa de ingeniería civil. La Pontificia universidad javeriana a lo largo de su existencia ha desarrollado 64 proyectos de investigación en los últimos 8 años, se han presentado resultados de pruebas y ensayos en los últimos 8 años en:

- 8 libros
- Más de 100 artículos en revistas indexadas (nacional e internacional)
- 96 ponencias (nacional e internacional)

“Esta universidad actualmente cuenta con un área del orden de 1000 metros cuadrados destinados a laboratorios de prueba y ensayos, actualmente se construye un edificio destinado a los laboratorios para que dicha planta aumente esta área a 3000 metros cuadrados.

Desde el punto de vista de docencia, se ha dado soporte a 88 asignaturas de laboratorio de pregrado y posgrado en los últimos 5 años formando en técnicas y en ensayos de laboratorio a más de 800 estudiantes. Las asignaturas dadas son”.<sup>1</sup>

La Pontificia universidad Javeriana hace varios años ha venido presentando una cartilla con los precios correspondientes a cada uno de los ensayos realizables por parte de la universidad cabe resaltar que esta cartilla se actualiza año tras año.

---

<sup>1</sup> PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA BOGOTÁ. Información laboratorios ingeniería civil. 2017. Obtenido de : <http://ingenieria.javeriana.edu.co/servicios-consultorias/servicios-laboratorio/laboratorio-1>

“El Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes cuenta con el personal capacitado y especializado, equipos de última tecnología y la infraestructura adecuada para la realización de diferentes tipos de pruebas en las áreas de: suelos, estructuras, pavimentos, hidráulica y materiales de construcción, garantizando de esta manera el enfoque y la calidad de los ensayos realizados.”<sup>2</sup>

La universidad de los Andes también ha desarrollado un documento exponiendo los debidos precios que corresponden a cada uno de los ensayos realizables por ella, con respecto al programa de ingeniería civil en donde se evidencia al igual que como lo muestra la universidad Javeriana con la diferencia de que la universidad de los Andes nos muestra si el ensayo a realizar tiene una acreditación o no, ítem que es relevante en cuanto a la calidad que puede brindar la universidad con respecto al ensayo.<sup>3</sup>

La universidad católica de Colombia comienza a realizar prácticas de laboratorios de materiales, pavimentos, aguas, topografía, suelos, entre otros, hacia el año 1985 con la construcción del edificio ubicado en la sede el claustro para generar el espacio de estos laboratorios; desde este año se vienen realizando los laboratorios que hoy en día ejecutamos también, en donde se han modificado equipos, e instalaciones para dichos procesos, pero a lo largo de este tiempo no se ha realizado un documento propio donde se expongan los precios de estos ensayos como lo han hecho otras universidades.

Por otro lado la administración moderna, entendida como una ciencia, tiene como funciones la planeación, la organización, la dirección y el control de las variables tareas, ambiente, estructura organizativa, tecnología y personas.

Tareas,  
Estructura organizativa,  
Personas.  
Tecnología y  
Ambiente.

En cuanto a la variable tareas, las funciones administrativas en los laboratorios de la universidad se enfocan en a) la ejecución de las prácticas que apoyan los desarrollos teóricos de los docentes en las aulas de clase, b) la supervisión y apoyo de las prácticas libres que desarrollan los estudiantes y el préstamo de equipos para sus desarrollos académicos dentro y fuera de la universidad.

La variable de estructura organizacional es fundamental en el desarrollo de las funciones administrativas de los laboratorios ya que define muchas características

---

<sup>2</sup> UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Laboratorios ingeniería civil. Obtenido de:  
<https://laboratoriointegrado.uniandes.edu.co/index.php/laboratorio-ingenieria-civil>

<sup>3</sup> Ibid, p

de cómo se va a organizar, tiene como función principal establecer autoridad, jerarquía, cadena de mando, organigramas entre otras.

La tecnología es la otra variable que influye poderosamente sobre las características organizacionales, además el impacto ambiental, todas las organizaciones utilizan alguna forma de tecnología para ejecutar sus operaciones y realizar sus tareas

No existe el soporte de la cantidad de recursos que la Universidad aporta en la realización de cada trabajo de grado que hace uso de los laboratorios ni de cada práctica libre que desarrolla un estudiante o su grupo de trabajo, ni el cálculo del costo parcial de una sesión presencial de laboratorio servida a cada asignatura.

Planeación de insumos, materiales y reparaciones o mantenimiento  
Organización del personal y agendas y protocolos (guías de laboratorio)  
Dirección entendida como la coordinación de las actividades

Control de ejecución, estadísticas.

En este listado se pondrá en evidencia que ensayos se realizan, cuales se pueden realizar, pero no se llevan a cabo y cuales no se pueden hacer por falta de equipos (equipos en mal estado), tiempo y materiales.

### 1.9.2 MARCO CONCEPTUAL

La universidad católica de Colombia en el transcurso de su existencia ha venido desarrollando una gran variedad de cambios positivos tanto para sus estudiantes, como para sus docentes y su parte administrativa. entre ellos se encuentra las instalaciones de sus laboratorios los cuales han venido adoptando diferentes equipos que sirven para el aprendizaje de sus estudiantes pero nunca se ha llevado un control adecuado de lo que se pueda presentar en estas instalaciones de laboratorio, nosotros como estudiantes de esta universidad queremos generar por medio de nuestro trabajo de grado un detallado estudio de todos los ensayos realizables de ingeniería civil en nuestra universidad, siendo esto un beneficio para esta.

Los laboratorios son de suma importancia en la universidad ya que permiten el desarrollo de diferentes ensayos para el aprendizaje de los estudiantes, dando la oportunidad de analizar distintos temas dependiendo en el área que se quiera trabajar, aun así en la vida profesional los ensayos de laboratorio juegan un papel muy importante ya que por medio de estos se puede hacer un cálculo detallado sobre el comportamiento de materiales , suelos , estructuras hidráulicas y gran

variedad de temas que estos podrían abordar, por este motivo sería una gran herramienta que la universidad católica de Colombia contara con un análisis preciso de cada equipo existente en el laboratorio un precio estimado por cada ensayo a realizar

En primer lugar, estaríamos estudiando cada uno de los laboratorios que se puedan presentar mirando así cuales se pueden ejecutar en un 100% y cuáles no, dependiendo del estado o carencia de los equipos. Pudiendo presentar así una cartilla en la cual sea de acceso público y se pueda tener una claridad de cada uno de los laboratorios, de igual manera que pueda adquirir una modificación dependiendo del comportamiento que cada uno de estos tome ya sea bien por adquisición de nuevos o equipos o por lo contrario algún tipo de daño que afecte el desarrollo de estos.

En segundo lugar, vamos a realizar un estudio preciso de los costos que pueda generar el desarrollo de cada ensayo, observando así las cantidades que son necesarios a utilizar y así poder costear cada uno de estos, presentando una lista de precios con cada uno de los ensayos a realizar en nuestra universidad.

Cabe resaltar que la norma internacional ISO/IEC 17025 establece los requisitos generales para la competencia en la realización de Ensayos, incluido el muestreo. Cubre los ensayos y las calibraciones que se realizan utilizando métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el propio laboratorio.

### 1.9.3 MARCO LEGAL

El desarrollo de cada ensayo de laboratorio es regido por diferentes leyes y normas, presentadas por el Instituto nacional de vías y transporte (INVIAS) y la organización internacional de normalización (ISO), a continuación, se presentará una lista de cada laboratorio a realizar y consigo su debida referenciación con la norma que lo establece, así mismo de presentar las normas y leyes que rigen el comportamiento, indumentaria, prevenciones y requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.

Ensayo de laboratorio	Norma
<b>Pavimentos</b>	
Relaciones de humedad – masa unitaria seca en los suelos (ensayo modificado de compactación)	INV E-142-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2007)
Relación de soporte del suelo en el laboratorio (cbr de laboratorio)	INV E-148-07 (vias, Instituto nacional de, 2007)
Método de ensayo normal para el uso del penetró metro dinámico	INV E-172-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2007)

de cono en aplicaciones de pavimentos a poca profundidad	
Densidad o masa unitaria del suelo en el terreno método del cono de arena	INV E-161-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2007)
Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) del suelo, roca y mezclas de suelo –agregado	INV E-122-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2007)
Evaluación de la resistencia mecánica de los agregados gruesos por el método de 10% de finos	INV E-224-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2007)
Determinación de la resistencia del agregado grueso al desgaste por abrasión utilizando el aparato micro-deval	INV E-238-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2007)
Valor de azul de metileno en agregados finos y en llenantes minerales	INV E-235-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2007)
Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio	INV E-220-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2007)
Equivalente de arena de suelos y agregados finos	INV E-133-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2007)
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	INV E-211-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2007)
Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados para carreteras	INV E-230-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2008)
Determinación del contenido de vacíos en agregados finos no compactados(influenciados por forma de las partículas, textura de la superficie y gradación)	INV E-239-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2007)
Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1½") por medio de la máquina de los ángeles	INV E-218-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2007)
Porcentaje de caras fracturadas en agregados	INV E-227-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2007)
<b>Cementos asfálticos</b>	
Ductilidad de materiales asfálticos	INV E-702-07 (Vias, Instituto nacional de, 2007)

Punto de ablandamiento de materiales bituminosos	INV E-712-07 (Vias, Instituto nacional de, 2007)
Viscosidad saybolt-furol de asfaltos	INV E-714-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2007)
Relaciones de humedad – masa unitaria seca en los suelos (ensayo normal de compactación)	INV E-141-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2007)
Puntos de ignición y de llama mediante la copa abierta Cleveland	INV E-709-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2007)
Diseño de asfaltos	
Diseño Marshall	INV E-748-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2007)
Fatiga de mezclas asfálticas (ensayo de probetas)	UNE-EN 12697-24:2006+A1 (Certificación, Asociación Española de Normalización y, 2007) <sup>4</sup>
Mecánica de suelos	
Identificación de suelos	INV E-102-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2007)
Análisis granulométrico (tamizado)	INV E-123-07 (Instituto nacional de Vias, 2007)
Análisis granulométrico por hidrometría	INV E-124-07 (Instituto Nacional de Vias, 2007)
Límites de consistencia	INV E-125-07 (Instituto Nacional de Vias, 2007) INV E-126-07 (Instituto Nacional de Vias, 2007) INV E-127-07 (Instituto Nacional de Vias, 2007)
Permeabilidad de suelos granulares (cabeza constante)	INV E-130-07 (Instituto Nacional de Vias, 2007)
Determinación de la gravedad específica de los suelos y del llenante mineral	INV E-128-07 (Instituto Nacional de Vias, 2007)
Determinación de la resistencia al corte método de corte directo	INV E-154-07 (Instituto Nacional de Vias, 2007)
Consolidación unidimensional de los suelos	INV E-151-07 (Instituto Nacional de Vias, 2007)

<sup>4</sup> ASOCIACION DE CERTIFICACION Y NORMALIZACION ESPAÑOLA. Guía ensayo de fatiga de mezclas asfálticas.2007. obtenido de: <https://es.scribd.com/document/258365967/UNE-EN-12697-24-2006-A1-2007-fatiga>



Compresión inconfiada de los suelos	INV E-152-07 (Instituto Nacional de Vias, 2007)
Resistencia del suelo por ensayo triaxial	INV E-153-07 (Instituto Nacional de Vias, 2007)
<b>Materiales</b>	
Identificación de materiales	INV E-102-07 (Vias, Instituto Nacional de, 2007)
Análisis granulométrico agregados gruesos y finos	INV E-213-07 (Instituto Nacional de Vias, 2008)
Módulo de finura del cemento portland	INV E-302-07 (Instituto Nacional de Vias, 2007)
Calor de hidratación del cemento hidráulico	INV E-309-07 (Instituto nacional de Vias, 2007)
Expansión potencial de morteros de cemento portland expuestos a la acción de sulfatos	INV E-329-07 (Instituto Nacional de Vias, 2007)
Masas unitarias (densidad relativa)	INV E-136-07 (Instituto Nacional de Vias, 2007)
Gravedad específica y absorción, material grueso y fino	INV E-222-07 (Instituto Nacional de Vias, 2007)
Elaboración y curado en el laboratorio de muestras de concreto para ensayos de compresión y flexión	INV E-402-07 (Instituto Nacional de Vias, 2007)
Densidad del cemento hidráulico	INV E-307-07 (Instituto Nacional de Vias, 2007) ASTM Designation: C 188 – 95 AASHTO T 133 (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1995) <sup>5</sup>
Consistencia normal del cemento	INV E-310-07 (Instituto nacional de Vias, 2007)
Tiempo de fraguado del cemento hidráulico método del aparato de vicat	INV E-305-07 (Instituto Nacional de Vias, 2007) ASTM C 191-2004 (American Society for Testing and Materials, 2004) <sup>6</sup>
Fluidez del cemento (mesa de flujo)	INV E-325-07 (Instituto Nacional de

<sup>5</sup> AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. Guía ensayo de densidad del cemento hidráulico. 1995. Obtenido de: <http://ingenieriasalva.blogspot.com.co/2009/04/astm-designacion-c-188-95.html>

<sup>6</sup> AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. Guía ensayo de tiempos de fraguado del cemento. 2004. Obtenido de: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C191-04B.htm>

	Vias, 2007)
Finura de cemento portland	NTC 33-1997 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas Colombianas(ICONTEC), 1997) <sup>7</sup>
Ensayo a compresión de probetas de cemento (fallo de cilindros)	INV E-410-07 (Instituto Nacional de Vias, 2007)

Tabla #1 ensayos-norma<sup>8</sup>

**NOTA: para mayor información a la referencia indicada por cada norma de las mencionadas anteriormente consultar directamente a los links proporcionados y contenidos en la bibliografía.**

En cuanto a la normativa mencionada que rige las reglas de juego dentro de un laboratorio de ingeniería, se presentara a continuación una breve descripción de la norma correspondiente a ello

“ISO/IEC 17025: requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración. Esta Norma Internacional establece los requisitos generales para la competencia en la realización de ensayos<sup>1</sup>) o de calibraciones, incluido el muestreo. Cubre los ensayos y las calibraciones que se realizan utilizando métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el propio laboratorio.”

(International Organization for Standardization(ISO),International Electrotechnical Commission(IEC), 2005)

La norma mencionada anteriormente nos brinda los requisitos relativos al sistema de gestión tales como la organización, control de documentos, cambio de documentos, servicio al cliente, compra de servicios y de suministros, ofertas, contratos y subcontratos, entes otros.

En pocas palabras esta norma es la encargada de parametrizar cada aspecto relacionado con el uso y empleo de las instalaciones de un laboratorio, haciendo cumplir a cabalidad cada uno de ellos.

<sup>7</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Guía para el ensayo de finura del cemento. 1997. Obtenido de: <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC33.pdf>

<sup>8</sup> INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Secciones 100, 200, 300,400 y 700 de las guías de ensayos de laboratorio para materiales de construcción, suelos y pavimenetos.2007. obtenido de: <https://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos1/139-documento-tecnicos>

## 1.10. OBJETIVOS

### 1.10.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar los recursos (materiales, mano de obra y equipo) de producción de los ensayos de mecánica de suelos, mezclas asfálticas y resistencia de materiales a fin de establecer los costos de producción y una línea base de precio de venta.

### 1.10.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Inventariar los ensayos realizables de mecánica de suelos, mezclas asfálticas y resistencia de materiales de conformidad con la norma que los parametriza.
- Caracterizar los tiempos, equipos, herramientas, materiales e insumos necesarios para los ensayos.
- Analizar (caracterizar y sistematizar) el costo de producción por unidad de ensayo y los costos variables asociados y una línea base de precio de venta sugerido al público.

## 1.11 ALCANCES Y LIMITACIONES.

### 1.11.1 ALCANCES

- El trabajo de grado pretende calcular el costo de producción de cada ensayo que es factible realizar con base en la norma NTC que lo reglamenta.
- El trabajo de grado buscará el elemento que hace imposible la realización del ensayo en apego a la norma NTC o INV que lo reglamenta.
- El trabajo de grado aplicará la teoría del análisis del costo de producción sin hacer uso del análisis de movimientos.
- El trabajo de grado aplicará la teoría del análisis del costo de producción basándose en el cómputo de las horas-hombre consumidas en su realización.
- El trabajo de grado calculará costos de producción con base en precios de mercado público de insumos, materiales, equipos, herramientas y mano de obra.
- El trabajo de grado será de dominio público pero los autores no tendrán ninguna responsabilidad sobre las consecuencias por el uso de los datos e información en él contenido.

### 1.11.2 LIMITACIONES

- El trabajo de grado estará sujeto a la disponibilidad de tiempo de práctica libre que la Coordinación de Laboratorios asigne.
- El trabajo de grado se basará en la realización de 1 o 3 veces el ensayo analizado dependiendo de la complejidad en su realización o del tiempo total de ejecución.
- El trabajo de grado se limitará a la ejecutoria del ensayo bajo la norma técnica colombiana que lo reglamenta o, ante su ausencia, en la norma ASTM equivalente.
- El trabajo de grado no tendrá en cuenta costos de combustibles.

## 1.12 METODOLOGÍA

### 1.12.1 MATRIZ METODOLÓGICA

OBJETIVO ESPECÍFICO 1: Inventariar los ensayos realizables de mecánica de suelos, mezclas asfálticas y resistencia de materiales de conformidad con la norma que los parametriza.		
ACTIVIDAD	MEDIOS	PRODUCTO
Listar los ensayos que se registran en las estadísticas de los laboratorios	Entrevistas. Revisión documental	Póster: ensayo de laboratorio, norma NTC/ASTM que lo regula y materiales y equipos necesarios
Recopilar las normas NTC o ASTM que regula la ejecución de cada ensayo	Consulta bibliográfica	
Determinar, materiales y equipos para cada ensayo, conforme a la norma que lo regula		
Definir cuáles ensayos de laboratorio son 100% realizables	Inspección del inventario de los laboratorios	Primer capítulo del documento final de trabajo de grado.
Determinar los elementos que hacen imposible la ejecución de los ensayos no realizables		
OBJETIVO ESPECÍFICO 2: Caracterizar los tiempos, equipos, herramientas, materiales e insumos necesarios para los ensayos.		
ACTIVIDAD	MEDIOS	PRODUCTO
Realizar uno a uno los ensayos de laboratorio identificados como realizables	Laboratorios con sus equipos y herramientas existentes	- Segundo capítulo del documento final del trabajo de grado - Artículo: diagnóstico de los laboratorios de mecánica de suelos, materiales y pavimentos.
Inventariar los materiales, equipo y horas-hombre que realmente se usaron	Videograbadora Correo electrónico Visitas	

Contrastar el inventario con la lista extraída de la norma	Revisión documental	
OBJETIVO ESPECÍFICO 3: Analizar (caracterizar y sistematizar) el costo de producción por unidad de ensayo y los costos variables asociados y una línea base de precio de venta sugerido al público.		
ACTIVIDAD	MEDIOS	PRODUCTO
Averiguar el precio de mercado de los materiales y equipos realmente utilizados	Listas de precios de mercado Consulta directa a ferreterías	Capítulo final del documento final
Calcular la tarifa horaria de los equipos y herramientas realmente utilizados y de la hora-hombre usada	Protocolo para la obtención de la tarifa horaria de equipo menor. Protocolo para la obtención de la tarifa hora-hombre.	
Calcular los costos de producción bajo la teoría del análisis del precio unitario		
Definir los elementos que mejorarían la calidad de la ejecución de los ensayos		Capítulos de conclusiones y recomendaciones

Tabla #2. Matriz metodológica

#### 1.12.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

El cronograma de actividades se puede consultar en el Anexo 2.

#### 1.12.3 PRODUCTOS A ENTREGAR.

PRODUCTOS A ENTREGAR		
TIPO	Nombre del producto	Fecha de entrega
Poster	Ensayo de laboratorio, norma NTC/ASTM que lo regula y materiales y	Primer Corte – 2018-1

	equipos necesarios	
Artículo	Diagnóstico de los laboratorios de mecánica de suelos, materiales y pavimentos.	Segundo Corte – 2018-2
Documento	Determinación de los costos de producción de los ensayos realizables en los laboratorios de ingeniería civil de la universidad católica de Colombia	Segundo Corte – 2018-2

Tabla#3. Productos a entregar

#### 1.12.4 INSTALACIONES Y EQUIPO REQUERIDO.

Laboratorios y equipos de mecánica de suelos, materiales y pavimentos de la Universidad Católica de Colombia.

#### 1.12.5 PRESUPUESTO DEL TRABAJO Y RECURSOS FINANCIEROS.

INGRESOS	INGRESOS	EGRESOS
Auxilio o patrocinio para la elaboración del trabajo.		
Recurso propio (s)	\$200.000	
EGRESOS		
Recurso Humano –Honorarios y servicios personales-		
Equipo (Se debe especificar el tipo de equipo que se va a utilizar y detallar si es en arriendo, compra...)		
Materiales (pueden enlistarse por categoría, p.e. papelería, suministros, fotografías, etc...)		\$160.000
Viajes (transporte)		
Pruebas de laboratorio		
Imprevistos		\$40.000
Totales	\$200.000	\$200.000

Tabla #4. Presupuesto

#### 1.12.6 ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN

El documento final será puesto en común en una sesión de sustentación ante jurados. El póster será exhibido en la fecha que el comité de trabajos de grado estime conveniente y el artículo será entregado, también al comité, para que sea analizado y defina su publicación.

## 2. Ensayos realizables en los laboratorios de la Universidad Católica De Colombia

la Universidad Católica de Colombia presta los servicios de laboratorios de ingeniería civil para los estudiantes, ejecutando una variedad de ensayos que anteriormente se han mencionado, para efecto de poder dar a conocer que laboratorios se llevan a cabo en las instalaciones, se recopiló información de las programaciones con fechas en las que se ejecutó cada ensayo durante un semestre(2017-2), a continuación y teniendo como base el listado elaborado se seleccionaron y se descartaron los laboratorios que se pueden realizar y los que no; siendo estos últimos identificados con base en los parámetros que se establecen en las normas correspondientes a cada ensayo y por otra parte el funcionamiento y la falta de equipos.

De esta manera se presenta la lista elaborada con anterioridad, mencionando las descripciones de los factores por los cuales no se realizan determinados ensayos y cuales son ejecutados al 100 por ciento (%) y los que no:

Ensayo de laboratorio	Descripción
Relaciones de humedad – masa unitaria seca en los suelos (ensayo modificado de compactación)	100% realizable
Relación de soporte del suelo en el laboratorio (cbr de laboratorio)	100% realizable Nota: el ensayo se realiza pero en cuestiones académicas y por falta de tiempo no se sumergen las muestras como lo indica la norma.
Método de ensayo normal para el uso del penetrómetro dinámico de cono en aplicaciones de pavimentos a poca profundidad	100% realizable
Densidad o masa unitaria del suelo en el terreno método del cono de arena	100% realizable
Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) del suelo, roca y mezclas de suelo -agregado	100% realizable
Evaluación de la resistencia mecánica de los agregados gruesos por el método de 10% de finos	100% realizable Nota: no es preciso por falta de un deformímetro especificado por la norma.
Determinación de la resistencia del agregado grueso al desgaste por abrasión utilizando el aparato micro deval	100% realizable



Valor de azul de metileno en agregados finos y en llenantes minerales	100% realizable
Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio	No se realiza por falta de una cámara especial que se mantenga a 23°C como lo especifica la norma.
Equivalente de arena de suelos y agregados finos	100% realizable
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	100% realizable
Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados para carreteras	100% realizable Nota: es necesario actualizar las plantillas.
Determinación del contenido de vacíos en agregados finos no compactados (influenciados por forma de las partículas, textura de la superficie y gradación)	No se realiza por la falta del equipo
Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1½") por medio de la máquina de los ángeles	No se lleva a cabo por falta del equipo ( máquina de los ángeles)
Porcentaje de caras fracturadas en agregados	100% realizable
Ductilidad de materiales asfálticos	100% realizable
Punto de ablandamiento de materiales bituminosos	No se realiza por que el equipo presenta daños.
Viscosidad saybolt-furol de asfaltos	100% realizable
Relaciones de humedad – masa unitaria seca en los suelos (ensayo normal de compactación)	100% realizable
Puntos de ignición y de llama mediante la copa abierta Cleveland	No se ejecuta por falta de copa Cleveland
Diseño Marshall	100% realizable
Fatiga de mezclas asfálticas (ensayo de probetas)	Se puede ejecutar pero el equipo no proporciona la presión requerida por la norma
Identificación de suelos	100% realizable
Análisis granulométrico (tamizado)	100% realizable
Análisis granulométrico por hidrometría	100% realizable Nota: es necesario que se tenga un baño de maría adecuado para el tamaño de las probetas.
Límites de consistencia	100% realizable Nota: faltan cazuelas

Permeabilidad de suelos granulares (cabeza constante)	100% realizable Nota: el equipo con el que cuenta la universidad es empírico
Determinación de la gravedad específica de los suelos y del llenante mineral	100% realizable
Determinación de la resistencia al corte método de corte directo	100% realizable
Consolidación unidimensional de los suelos	100% realizable
Compresión inconfiada de los suelos	100% realizable
Resistencia del suelo por ensayo triaxial	100% realizable
Identificación de materiales	100% realizable
Análisis granulométrico agregados gruesos y finos	100% realizable
Módulo de finura del cemento portland	No se ejecuta por la falta de equipo
Calor de hidratación del cemento hidráulico	No se ejecuta por la falta de equipo
Expansión potencial de morteros de cemento portland expuestos a la acción de sulfatos	No se ejecuta por la falta de equipo
Masas unitarias (densidad relativa)	El ensayo se realiza pero sobre una muestra de agregado, para cemento y concreto no se ejecuta.
Gravedad específica y absorción, material grueso y fino	100% realizable
Elaboración y curado en el laboratorio de muestras de concreto para ensayos de compresión y flexión	100% realizable
Densidad del cemento hidráulico	Se realiza pero faltan frascos de Lech atelier
Consistencia normal del cemento	100% realizable
Tiempo de fraguado del cemento hidráulico método del aparato de vicat	100% realizable
Fluidez del cemento (mesa de flujo)	No se ejecuta por la falta de equipo
Finura de cemento portland	No se ejecuta por la falta de equipo
Ensayo a compresión de probetas de cemento (fallo de cilindros)	Se ejecuta pero para fallar cilindros pequeños por medio la MTS.

Tabla #5. Ensayos realizables

Por otra parte se realizó un listado y se elaboró una estadística de la ejecución de los laboratorios basándonos en los ensayos que se llevaron a cabo en el segundo periodo del año dos mil diecisiete (2-2017)

<b>SEMANA 1</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>NOMBRE DE ENSAYO</b>
24-ago	No se realizaron	No se realizaron
<b>SEMANA 2</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>NOMBRE DE ENSAYO</b>
02-ago	9 - 11 am	proctor
02-ago	9 - 11 am	cono de arena
04-ago	12 - 2 pm	identificación de suelos
04-ago	6 - 8 pm	Compactación
05-ago	7 - 9 am	identificación de suelos
<b>SEMANA 3</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>NOMBRE DE ENSAYO</b>
08-ago	6 - 8 pm	identificación de suelos
08-ago	8 - 10 pm	identificación de suelos
09-ago	9 - 11 am	Proctor
09-ago	9 - 11 am	cono de arena
09-ago	4 - 6 pm	Compactación
09-ago	6 - 8 pm	Compactación
09-ago	8 - 10 pm	Compactación
10-ago	9 - 11 am	identificación de suelos
10-ago	8-10 pm	identificación de suelos
11-ago	12 - 2 pm	identificación de suelos
11-ago	3 - 5 pm	Compactación
11-ago	6 - 8 pm	Compactación
11-ago	8 - 10 pm	Compactación
12-ago	9 - 10 am	identificación de suelos
<b>SEMANA 4</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>NOMBRE DE ENSAYO</b>
14-ago	6 -8 pm	granulometría agregados gruesos y finos
14-ago	6 - 8 pm	densidad cemento hidráulico
15-ago	11am - 1 pm	granulometría agregados gruesos y finos
15-ago	6 - 8 pm	granulometría agregados gruesos y

		finos
15-ago	8 - 10 pm	límites de consistencia
16-ago	7 - 9 am	identificación de suelos
16-ago	9 - 11 am	identificación de suelos
16-ago	12 - 2 pm	granulometría agregados gruesos y finos
16-ago	4 - 6 pm	cono de arena
16-ago	6 - 8 pm	granulometría agregados gruesos y finos
16-ago	6 - 8 pm	cono de arena
16-ago	8 - 10 pm	cono dinámico PDC
17-ago	9 - 11 am	granulometría (tamizado)
17-ago	8 - 10 pm	límites de consistencia
18-ago	12 - 2 pm	análisis granulométrico por hidrometría
18-ago	3 - 5 pm	cono de arena
18-ago	6 - 8 pm	cono de arena
18-ago	8 - 10 pm	análisis granulométrico por hidrometría
18-ago	8 - 10 pm	cono dinámico PDC
19-ago	7 - 9 am	humedad natural
19-ago	9 - 11 am	límites de consistencia
<b>SEMANA 5</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>NOMBRE DE ENSAYO</b>
22-ago	11 - 1 pm	gravedad específica, material grueso y fino
22-ago	6 - 8 pm	gravedad específica, material grueso y fino
22-ago	8 - 10 pm	granulometría (tamizado)
23-ago	7 - 9 am	identificación de materiales
23-ago	9 - 11 am	identificación de materiales
23-ago	9 - 11 am	CBR (relación de soporte de califonia)
23-ago	9 - 11 am	cono dinámico PDC
23-ago	12 - 2 pm	gravedad específica, material grueso y fino
23-ago	4 - 6 pm	cono dinámico PDC
23-ago	6 - 8 pm	gravedad específica, material grueso y fino
23-ago	6 - 8 pm	CBR (relación de soporte de

		california)
23-ago	8 - 10 pm	CBR (relación de soporte de california)
24-ago	8 - 10 pm	granulometría (tamizado)
25-ago	3 - 5 pm	CBR (relación de soporte de california)
25-ago	6 - 8 pm	cono dinámico PDC
25-ago	8 - 10 pm	gravedad específica, material grueso y fino
25-ago	8 - 10 pm	CBR (relación de soporte de california)
26-ago	7 - 9 am	granulometría (tamizado)
26-ago	9 - 11 am	granulometría (tamizado)
<b>SEMANA 6</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>NOMBRE DE ENSAYO</b>
28-ago	7 - 9 am	consistencia normal del cemento
28-ago	6 - 8 pm	consistencia normal del cemento
28-ago	8 - 10 pm	consistencia normal del cemento
29-ago	11 - 1 pm	consistencia normal del cemento
29-ago	8 - 10 pm	gravedad específica, material grueso y fino
30-ago	7 - 9 am	identificación de suelos
30-ago	9 - 11 am	identificación de suelos
30-ago	4 - 6 pm	desgaste agregado grueso por microdeval
30-ago	6 - 8 pm	desgaste agregado grueso por microdeval
31-ago	9 - 11 am	límites de consistencia
31-ago	8 - 10 pm	humedad natural
31-ago	8 - 10 pm	gravedad específica de los suelos
01-sep	12 - 2 pm	humedad natural
01-sep	12 - 2 pm	gravedad específica de los suelos
01-sep	3 - 5 pm	desgaste agregado grueso por microdeval
01-sep	6 - 8 pm	CBR ( relación de soporte de california )
02-sep	7 - 9 am	límites de consistencia
<b>SEMANA 7</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>NOMBRE DE ENSAYO</b>
04-sep	7 - 9 am	gravedad específica, material grueso

		y fino
04-sep	9 - 11 am	compactación de bricketas
04-sep	6 - 8 pm	gravedad específica, material grueso y fino
04-sep	8 - 10 pm	tiempos de fraguado del cemento
05-sep	11 - 1 pm	gravedad específica, material grueso y fino
05-sep	6 - 8 pm	gravedad específica, material grueso y fino
06-sep	7 - 9 am	identificación de suelos
06-sep	9 -11 am	identificación de suelos
06-sep	9 - 11 am	10% de finos
06-sep	12 - 2 pm	gravedad específica, material grueso y fino
06-sep	4 - 6 pm	10% de finos
06-sep	6 - 8 pm	gravedad específica, material grueso y fino
06-sep	6 - 8 pm	10% de finos
06-sep	8 - 10 pm	porcentaje de caras fracturadas en agregados
08-sep	6 - 8 pm	desgaste agregado grueso por microdeval
09-sep	9 - 11 am	gravedad específica de los suelos
09-sep	11 - 1 pm	granulometría (tamizado)
<b>SEMANA 8</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>NOMBRE DE ENSAYO</b>
11-sep	7 - 9 am	porcentaje de caras fracturadas en agregados
11-sep	9 - 11 am	cono de arena
11-sep	6 - 8 pm	porcentaje de caras fracturadas en agregados
12-sep	11 - 1 pm	índice de alargamiento y aplanamiento
12-sep	11 - 1 pm	porcentaje de caras fracturadas en agregados
12-sep	6 - 8 pm	índice de alargamiento y aplanamiento
12-sep	8 - 10 pm	permeabilidad de los suelos granulares
13-sep	7 - 9 am	identificación de suelos
13-sep	9 - 11 am	ductilidad de materiales asfálticos

13-sep	9 - 11 am	identificación de suelos
13-sep	12 - 2 pm	porcentaje de caras fracturadas en agregados
13-sep	12 - 2 pm	índice de alargamiento y aplanamiento
13-sep	4 - 6 pm	índice de alargamiento y aplanamiento
13-sep	6 - 8 pm	índice de alargamiento y aplanamiento
13-sep	6 - 8 pm	porcentaje de caras fracturadas en agregados
13-sep	8 - 10 pm	índice de alargamiento y aplanamiento
13-sep	8 - 10 pm	porcentaje de caras fracturadas en agregados
14-sep	9 - 11 am	permeabilidad de los suelos granulares
15-sep	3 - 5 pm	10% de finos
15-sep	8 - 10 pm	porcentaje de caras fracturadas en agregados
15-sep	8 - 10 pm	límites de consistencia
16-sep	7 - 9 am	permeabilidad de los suelos granulares
16-sep	7 - 9 am	consolidación unidimensional
16-sep	11 - 1 pm	permeabilidad de los suelos granulares
<b>SEMANA 9</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>NOMBRE DE ENSAYO</b>
18-sep	7 - 9 am	densidad del cemento
18-sep	9 - 11 am	CBR( Relación de Soporte de California)
18-sep	12 - 2 pm	gravedad específica agregados gruesos y finos
18-sep	6 - 8 pm	granulometría de agregados gruesos y fino
18-sep	8 - 10 pm	características del cemento
19-sep	11 - 1 pm	densidad del cemento
19-sep	8 - 10 pm	densidad del cemento
20-sep	7 - 9 am	identificación de suelos
20-sep	9 - 10 pm	identificación de suelos
20-sep	12 - 1 pm	densidad del cemento
20-sep	4 - 6 pm	ductilidad de materiales asfálticos

20-sep	6 - 8 pm	ductilidad de materiales asfálticos
20-sep	6 - 8 pm	densidad del cemento
20-sep	8 - 10 pm	penetración de materiales bituminosos
21-sep	9 - 11 am	consolidación unidimensional de suelos
21-sep	8 - 10 pm	permeabilidad de suelos por cbza constante y cbza variable
22-sep	12 - 2 pm	límites de consistencia
22-sep	3 - 5 pm	índice de alargamiento y aplanamiento
22-sep	6 - 8 pm	densidad del cemento
22-sep	6 - 8 pm	10% finos
22-sep	8-10 pm	permeabilidad de suelos por cbza constante y cbza variable
22-sep	8 - 10 pm	índice de alargamiento y aplanamiento
23-sep	9 - 11 am	consolidación unidimensional de suelos
<b>SEMANA 10</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>NOMBRE DE ENSAYO</b>
25-sep	7 -9 pm	fluidez del cemento
25-sep	9 - 11 pm	resistencia del agregado grueso por micro deval
25-sep	12 - 2 pm	índice de alargamiento y aplanamiento
25-sep	6 - 8 pm	fluidez del cemento
25-sep	6 - 8 pm	masas unitarias
26-sep	11 - 1 pm	fluidez del cemento
26-sep	6 - 8 pm	fluidez del cemento
26-sep	8 - 10 pm	consolidación unidimensional de suelos
27-sep	7 - 9 am	identificación de suelos
27-sep	9 - 11 am	identificación de suelos
27-sep	9 - 11 am	diseños Marshall
27-sep	12 - 2 pm	fluidez del cemento
27-sep	4 - 6 pm	punto de ablandamiento de materiales bituminosos
27-sep	6 - 8 pm	fluidez del cemento
27-sep	6 - 8 pm	punto de ablandamiento de materiales bituminosos



27-sep	8 - 10 pm	viscosidad saybolt-furol
28-sep	6 - 8 pm	equivalente de arena
28-sep	6 - 8 pm	límites de consistencia
28-sep	8 - 10 pm	consolidación unidimensional de suelos
29-sep	3 - 5 pm	ductilidad de materiales asfálticos
29-sep	6 - 8 pm	porcentaje de caras fracturadas
29-sep	8 - 10 pm	penetración de materiales bituminosos
30-sep	no hubo prácticas de suelos, pavimentos y materiales	no hubo prácticas de suelos, pavimentos y materiales
<b>semana 11</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>NOMBRE DE ENSAYO</b>
02-oct	7 - 9 am	fraguado, finura y resistencia del cemento
02-oct	9 - 11 am	10% finos
02-oct	12 - 2 pm	densidad del cemento
02-oct	6 - 8 pm	densidad de agregados gruesos
03-oct	11 - 1 pm	fraguado, finura y resistencia del cemento
03-oct	6 - 8 pm	fraguado, finura y resistencia del cemento
04-oct	7 - 9 am	identificación de suelos
04-oct	9 - 11 am	diseño Marshall
04-oct	9 - 11 am	identificación de suelos
04-oct	12 - 2 pm	fraguado, finura y resistencia del cemento
04-oct	6 - 8 pm	fraguado, finura y resistencia del cemento
04-oct	6 - 8 pm	índice de alargamiento y aplanamiento
05-oct	9 - 11 am	compresión inconfiada
06-oct	se cancelaron las practicas por arreglos	se cancelaron las practicas por arreglos
07-oct	9 - 11 am	compresión inconfiada
<b>semana 12</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>NOMBRE DE ENSAYO</b>
09-oct	7 - 9 am	diseño de mezclas
09-oct	9 - 11 am	índice de alargamiento y aplanamiento

09-oct	12 - 2 pm	fluidez del cemento
09-oct	6 - 8 pm	diseño de mezclas
09-oct	6 - 8 pm	densidad de agregados gruesos
09-oct	8 - 10 pm	diseño de mezclas
10-oct	11 - 1 pm	diseño de mezclas
10-oct	6 - 8 pm	diseño de mezclas
11-oct	7 - 9 am	identificación de suelos
11-oct	9 - 11 am	identificación de suelos
11-oct	12 - 2 pm	diseño de mezclas
11-oct	4 - 6 pm	diseño Marshall
11-oct	6 - 8 pm	diseño Marshall
11-oct	8 - 10 pm	diseño Marshall
12-oct	no hubo prácticas de suelos, pavimentos y materiales	no hubo prácticas de suelos, pavimentos y materiales
13-oct	12 - 2 pm	permeabilidad de suelos por cbza constante y cbza variable
13-oct	6 - 8 pm	ductilidad materiales asfálticos
14-oct	7 - 9 am	compresión inconfiada
semana 13		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>NOMBRE DE ENSAYO</b>
16-oct	día de la raza	día de la raza
17-oct	11 - 1 pm	ensayo a compresión de probetas
18-oct	7 - 9 am	identificación de suelos
18-oct	9 - 11 am	identificación de suelos
18-oct	12 - 2 pm	ensayo a compresión de probetas
18-oct	7 - 8 pm	ensayo a compresión de probetas
19-oct	9- 11 am	compresión inconfiada
20-oct	7 - 9 am	ensayo a compresión de probetas
20-oct	12 - 2 pm	consolidación unidimensional
20-oct	6 - 8 pm	permeabilidad de suelos por cbza constante y cbza variable
20-oct	6 - 8 pm	ensayo a compresión de probetas
20-oct	8 - 10 pm	viscosidad saybolt-furol
20-oct	8 - 10 pm	consolidación unidimensional
21-oct	no hubo prácticas de suelos, pavimentos y materiales	no hubo prácticas de suelos, pavimentos y materiales
semana 14		

<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>NOMBRE DE ENSAYO</b>
23-oct	7 - 9 am	elaboración de probetas de cemento
23-oct	9 - 11 am	ductilidad de materiales asfálticos
23-oct	12 - 2 pm	finura, fraguado y resistencia del cemento
23-oct	6 - 8 pm	elaboración de probetas de cemento
23-oct	6 - 8 pm	calorimetría del cemento
23-oct	8 - 10 pm	densidad de materiales arcillosos y arenosos
24-oct	11 - 1 pm	elaboración de probetas de cemento
24-oct	6 - 8 pm	elaboración de probetas de cemento
24-oct	8 - 10 pm	compresión inconfínada
25-oct	7 - 9 am	identificación de suelos
25-oct	9 - 11 am	identificación de suelos
25-oct	12- 2 pm	elaboración de probetas de cemento
25-oct	6 - 8 pm	elaboración de probetas de cemento
26-oct	no hubo prácticas de suelos, pavimentos y materiales	no hubo prácticas de suelos, pavimentos y materiales
27-oct	6 - 8 pm	viscosidad saybolt-furol
28-oct	no hubo prácticas de suelos, pavimentos y materiales	no hubo prácticas de suelos, pavimentos y materiales
<b>semana 15</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>NOMBRE DE ENSAYO</b>
30-oct	12 - 2 pm	diseño de mezclas
31-oct	se cancelaron las prácticas de ese día	se cancelaron las prácticas de ese día
01-nov	7 - 9 am	identificación de suelos
01-nov	9 - 11 am	identificación de suelos
01-nov	4 - 6 pm	ductilidad de materiales asfálticos
01-nov	6 - 8 pm	diseño Marshall
01-nov	6 - 8 pm	elaboración de probetas de cemento
01-nov	8 - 10 pm	falla de cilindros de cemento
02-nov	8 - 10 pm	compresión inconfínada
03-nov	12 - 2 pm	compresión inconfínada
03-nov	3 - 5 pm	diseño Marshall
03-nov	8 - 10 pm	compresión inconfínada
03-nov	8 - 10 pm	diseño Marshall

04-nov	practicass canceladas	practicass canceladas
<b>semana 16</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>NOMBRE DE ENSAYO</b>
06-nov	no hubo prácticas de suelos, pavimentos y materiales	no hubo prácticas de suelos, pavimentos y materiales
07-nov	6 - 8 pm	elaboración de cilindros de cemento
08-nov	12 - 2 pm	ensayo a compresión de probetas
08-nov	4 - 6 pm	ductilidad de materiales asfálticos
08-nov	6 - 8 pm	viscosidad saybolt-furol
08-nov	8 - 10 pm	viscosidad saybolt-furol
08-nov	8 - 10 pm	falla cilindros de cemento
09-nov	no hubo prácticas de suelos, pavimentos y materiales	no hubo prácticas de suelos, pavimentos y materiales
10-nov	no hubo prácticas de suelos, pavimentos y materiales	no hubo prácticas de suelos, pavimentos y materiales
11-nov	no hubo prácticas de suelos, pavimentos y materiales	no hubo prácticas de suelos, pavimentos y materiales

**Tabla #6. Estadísticas de los ensayos**

Total cantidad de laboratorios hechos durante el segundo periodo de semestre del año 2017 →→→→ 235 los cuales corresponden al 100 % de la muestra

Proctor = 2 → 0.85%

Cono de arena = 7 → 2.97%

Identificación de suelos = 30 → 12.76%

Compactación = 7 → 2.97%

Granulometría agregados gruesos y finos = 6 → 2.55%

Densidad cemento hidráulico = 8 → 3.40%

Límites de consistencia = 8 → 3.40%

Cono dinámico PDC = 5 → 2.12%

Granulometría (tamizado) = 6 → 2.55%

Análisis granulométrico por hidrometría = 2 → 0.85%

Humedad natural = 3 → 1.27%

Gravedad específica agregados gruesos y finos = 13 → 5.53%

Identificación de materiales = 2 → 0.85%

CBR (relación de soporte de california) = 7 → 2.97%  
 Consistencia normal del cemento = 4 → 1.70%  
 Desgaste agregado grueso por microdeval = 5 → 2.12%  
 Gravedad específica de los suelos = 3 → 1.27%  
 Compactación de bricketas = 1 → 0.42%  
 Tiempos de fraguado del cemento = 1 → 0.42%  
 10% de finos = 6 → 2.55%  
 Porcentaje de caras fracturadas en agregados = 9 → 3.82%  
 Índice de alargamiento y aplanamiento = 11 → 4.68%  
 Permeabilidad de los suelos granulares = 4 → 1.70%  
 Ductilidad de materiales asfálticos = 7 → 2.97%  
 Características del cemento = 1 → 0.42%  
 Penetración de materiales bituminosos = 2 → 0.85%  
 Consolidación unidimensional de suelos = 4 → 1.70 %  
 Permeabilidad de suelos por cabeza constante y cabeza variable = 4 → 1.70%  
 Fluidez del cemento = 7 → 2.97%  
 Masas unitarias = 1 → 0.42%  
 Diseño Marshall = 8 → 3.40%  
 Punto de ablandamiento de materiales bituminosos = 2 → 0.85%  
 Viscosidad saybolt-furol = 5 → 2.12%  
 Equivalente de arena = 1 → 0.42%  
 Fraguado, finura y resistencia del cemento = 5 → 2.12%  
 Densidad de agregados gruesos = 2 → 0.85%  
 Compresión inconfiada = 8 → 3.40%  
 Diseño de mezclas = 7 → 2.97%  
 Ensayo a compresión de probetas = 8 → 3.40%  
 Consolidación unidimensional = 2 → 0.85%  
 Elaboración de probetas de cemento = 8 → 3.40%  
 Finura, fraguado y resistencia del cemento = 1 → 0.42%  
 Calorimetría del cemento = 1 → 0.42%  
 Densidad de materiales arcillosos y arenosos = 1 → 0.42%

**Sumatoria total ensayos realizados = 235 → 100%**

### 3. Recursos

Se dirigió a las instalaciones de los laboratorios para realizar los ensayos y así determinar la caracterización de cada uno de ellos, en lo referente a las herramientas, materiales e insumos que realmente se utilizaron; por otra parte, a medida que se ejecutaban los ensayos se iban llevando registros teniendo en cuenta el tiempo efectivo que se gastaba en cada ensayo, ya que muchos de estos requieren de actividades en las cuales no es necesario estar presente, y de este modo poder conocer las horas-hombre que realmente son efectivas.

En cada ensayo que se ejecutó se registraban los equipos, herramientas, materiales e insumos que según la norma correspondiente a cada uno establece.

A continuación, se muestra el inventario y el rendimiento de producción para los ensayos realizados:

CODIGO	NOMBRE	FIGURAS
MT001	muestra inalterada	ver figura 1
MT002	muestra alterada	ver figura 2
MO001	laboratorista	
EQ001	Balanza	ver figura 3
EQ002	Horno	ver figura 4
EQ003	agitador mecánico	ver figura 5
EQ004	prensa hidráulica	ver figura 6
EQ005	molde 10% finos	ver figura 7
EQ006	penetro metro dinámico compactación	ver figura 8
EQ007	micro deval	ver figura 9
EQ008	cono de arena	ver figura 10
EQ009	Speedy	ver figura 11
EQ010	compresión inconfiada	ver figura 12
EQ011	consolido metro	ver figura 13
EQ012	tamizadora eléctrica	ver figura 14
EQ013	martillo compactador	ver figura 15
EQ014	baño de maría	ver figura 16
EQ015	tamiz #4	ver figura 17
EQ016	tamiz 3/4	ver figura 18
EQ017	tamiz 3/8	ver figura 19
EQ018	tamiz #3	ver figura 20
EQ019	hidrómetro	ver figura 21
IS001	probeta	ver figura 22
IS002	pesa metálica	ver figura 23

IS003	grifo regador	ver figura 24
IS004	platos	ver figura 25
IS005	cronometro	ver figura 26
IS006	barra imantada	ver figura 27
IS007	plantillas	ver figura 28
IS008	carretilla	ver figura 29
IS009	deformimetro	ver figura 30
IS010	espátula	ver figura 31
IS011	Serrucho	ver figura 32
IS012	Brocha	ver figura 33
IS013	Batidora	ver figura 34
IS014	termómetro	ver figura 35
IS015	bandeja metálica	ver figura 36
HM001	herramienta menor	ver figura 37
ISO16	Regla para enraizar	ver figura 38

Tabla#7. Recursos utilizados



Figura 1

FUENTE: imagen muestra inalterada 25 de abril de 2018 disponible en internet < URL:

[https://www.google.com.co/search?q=muestra+inalterada&rlz=1C1HIJA\\_enCO780CO780&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi55uLh1NXaAhXCiZAKHQicA6AQ\\_AUICigB&biw=1600&bih=794#imgrc=uNiJhsrW4DoasM:](https://www.google.com.co/search?q=muestra+inalterada&rlz=1C1HIJA_enCO780CO780&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi55uLh1NXaAhXCiZAKHQicA6AQ_AUICigB&biw=1600&bih=794#imgrc=uNiJhsrW4DoasM:)



figura 3

FUENTE: Autor.





Figura 2

FUENTE: imagen muestra alterada 25 de abril de 2018 disponible en internet <

URL:

[https://www.google.com.co/search?q=muestra+alterada&rlz=1C1HIJA\\_enCO780C0780&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiF2KzZ2tXaAhWBf5AKHT9pCzcQ\\_AUICigB&biw=1600&bih=745#imgrc=KjeSyqx78LnIPM:](https://www.google.com.co/search?q=muestra+alterada&rlz=1C1HIJA_enCO780C0780&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiF2KzZ2tXaAhWBf5AKHT9pCzcQ_AUICigB&biw=1600&bih=745#imgrc=KjeSyqx78LnIPM:)



Figura 4

FUENTE: Autor.



Figura 5

FUENTE: Autor.



Figura 9

FUENTE: Autor.



Figura 6

FUENTE: Autor.



Figura 10

FUENTE: Autor





Figura 7  
FUENTE: Autor.



Figura 11  
FUENTE: imagen equipo de humedad Speedy.25 de abril de 2018.disponible en internet < URL:  
<https://www.google.com.co/search?tbm=isch&q=speedy+equipO+DENSIDAD ES&spell=1&sa=X&ved=0ahUKEwiMoOnus9PaAhVFzIMKHS1pBu8QBQg6KAA&biw=1440&bih=769&dpr=1#imgsrc=xbwrz2Ckclz9iM>



Figura 8  
FUENTE: Autor

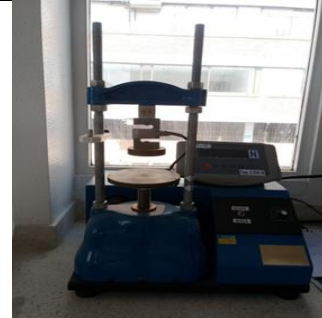


Figura 12  
FUENTE: Autor



Figura 13  
FUENTE: Autor



Figura 15  
FUENTE: Autor



Figura 14  
FUENTE: Autor



Figura 16  
FUENTE: Autor



Figura 17  
FUENTE: Autor



Figura 20  
FUENTE: Autor



Figura 18  
FUENTE: Autor



Figura 21  
FUENTE: Autor



Figura 19  
FUENTE: Autor



Figura 22  
FUENTE: Autor



Figura 23  
FUENTE: Autor



Figura 26  
FUENTE: Autor



Figura 24  
FUENTE: Autor



Figura 27  
FUENTE: Autor



Figura 25  
FUENTE: Autor



Figura 28  
FUENTE: Autor





Figura 29  
FUENTE: Autor



Figura 32  
FUENTE: Autor



Figura 30  
FUENTE: Autor



Figura 33  
FUENTE: Autor



Figura 31  
FUENTE: Autor



Figura 34  
FUENTE: Autor



Figura 36  
FUENTE: Autor



Figura 38  
FUENTE: Autor

<b>ENSAYO</b>	<b>hH</b>
Equivalente de arena y agregados finos	1
Evaluación de la resistencia mecánica de los agregados gruesos por el método de 10% de finos (vía seca)	0,5
Evaluación de la resistencia mecánica de los agregados gruesos por el método de 10% de finos (vía húmeda)	2
Método de ensayo normal para el uso del penetrómetro dinámico de cono en aplicaciones de pavimentos a poca profundidad	0,95
Determinación de la resistencia del agregado grueso al desgaste por abrasión utilizando el aparato micro-deval	3,03
Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados	1,58
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales en los agregados	1,33
Densidad o masa unitaria del suelo en el terreno método del cono de arena	1
Compresión inconfiada de los suelos	0,75
Consolidación unidimensional de los suelos	10
Granulometría (tamizado)	0,5
Relaciones de humedad – masa unitaria seca en los suelos (ensayo modificado de compactación)	1,33
CBR(relación de soporte de california)	3,57
Análisis granulométrico por Hidrometría	3,03
<b>TOTAL hH</b>	<b>30,57</b>

Tabla#8. Rendimiento horas-Hombre

#### 4. CARACTERIZACION Y SITEMATIZACION DE COSTOS DE PROCUCCION

##### 4.1 PRECIOS EN EL MERCADO

Los precios que se consultaron para los equipos empleados fueron proporcionados por la empresa DIRIMPEX S.A.S Bogotá y se muestran en la siguiente tabla:

EQUIPO	PRECIO
balanza	\$ 2'100.000
horno	\$ 6'970.300
agitador mecánico	\$ 5'508.400
prensa hidráulica	\$ 30.076.400
molde 10% finos	\$ 1'126.900
penetro metro dinámico compactación	\$ 1'685.700
micro deval	\$ 5'612.600
cono de arena	\$ 272.800
Speedy	\$ 2'982.700
compresión inconfiada	\$ 23'156.600
consolido metro	\$ 8'000.000
tamizadora eléctrica	\$ 3'642.100
martillo compactador	\$ 132.800
baño de maría	\$7'956.000
tamiz #4	\$ 161.400
tamiz #3	\$ 153.800
tamiz 3/4	\$ 172.100
tamiz 3/8	\$ 172.100
hidrómetro	\$ 148.500
Set de probetas graduadas	\$170.000
Juego de pesas metálica	\$1.188.700
grifo regador	\$229.900
platones	\$181.500
cronometro genérico	\$80.000
barra imantada	\$24.900
plantillas	\$1844.700
carretilla	\$128.900



deformimetro	\$ 300.00
espátula	\$5.900
serrucho	\$26.900
brocha	\$ 189.500
Batidora	\$ 1'889.500
termómetro digital	\$89.900
bandeja metálica	\$95.900
herramienta menor	5% M.O
Regla para enrazar	\$21.900

Tabla #9. Precios equipos

**NOTA:** para mayor información de precios de otros equipos ver anexo 4.

#### 4.2 TARIFAS HORARIAS DE LOS EQUIPOS

El cálculo de tarifas horaria de equipos se realiza con base en el formato propuesto en la bibliografía “administración de los equipos y maquinaria” de la escuela militar de ingenieros, modificando su estructura y adecuándola para nuestro trabajo.

En este formato se evidencia los costos de propiedad y los costos de operación que un equipo genera, los primeros se determinan partiendo de un precio en el mercado del equipo, teniendo en cuenta que las horas al año trabajadas son igual a la multiplicación de las semanas trabajadas por las horas trabajadas a la semana:

$$50 \text{ semanas} * 40 \frac{\text{horas}}{\text{trabajo}} = 2000 \text{ horas} * \text{año}$$

Lo anterior será utilizado con el fin de determinar el valor de depreciación e intereses, impuestos y seguros mediante las siguientes ecuaciones:

Valor de depreciación:

$$\frac{\text{Valor neto a despreciar}}{\text{vida util en horas}}$$

Intereses, impuesto y seguros:

$$\frac{0.2148 \times \text{Valor neto a depreciar}}{\text{vida útil en horas}} \times \frac{N+1}{2}$$

En donde N: vida útil en años

Siendo la suma de estos dos valores los costos de propiedad.

Por otra parte para determinar los costos de operación fue pertinente establecer un precio de consumo de luz para un estrato cuatro(4) correspondiente a la zona donde se encuentra ubicada de la Universidad Católica de Colombia, este se obtuvo por medio de la empresa de luz CODENSA que nos proporcionaron el dato del coste de consumo por kilovatios/hora(Kw/hr) siendo este de quinientos veinte cuatro mil con tres pesos(\$524,3), un precio estándar de mantenimiento de siete mil pesos (\$7.000), estos valores serán empleados para los equipos que lo requirieron y el precio total de mano de obra que se calcula a partir del sueldo pagado al laboratorista de la universidad católica de Colombia siendo de un millón trescientos cincuenta mil pesos (\$1'350.000), y por ende la suma de estos valores será igual a los costos de operación.

Las reparaciones se determinarán de acuerdo a:

(Factor humano de obra + Factor de repuestos) X Valor depreciación

Donde el (Factor humano de obra + Factor de repuestos) = 1,2375

El costo directo será igual a la suma de los costos de operación más los costos de propiedad a los cuales se les aplica un 25% correspondiente a los costos indirectos (AIU) y de esta manera la suma de costos directos más costos indirectos serán igual al valor de la tarifa horaria de cada equipo.

De este modo se presentan los cálculos de cada equipo utilizado para la ejecución de los ensayos:

EQUIPO			MARCA
Balanza			Ohaus
COSTO NETO			
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO			\$ 2.100.000,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO (10%)			\$210.000,00
VALOR NETO A DESPRECIAR			\$1.890.000,00
COSTOS DE PROPIEDAD			
DEPRECIACION			\$945,00
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS			\$202,99
TOTAL COSTOS DE PROPIEDAD			\$1.147,99
COSTOS DE OPERACIÓN			
SALARIOS			
LABORATORISTA	\$1.350.000,00	TOTAL	\$9.225,00
CONSUMO ENERGIA( kWh)			\$524,30
MANTENIMIENTO			\$7.000,00
REPARACIONES			\$1.169,44
TOTAL COSTOS DE OPREACION			\$17.918,74
COSTOS DE PROPIEDAD			\$1.147,99
COSTOS DE OPERACIÓN			\$17.918,74
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$19.066,72
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)			\$4.766,68
VALOR DE LA TARIFA HORARIA			\$23.833,40

Tabla #10. Tarifa horaria Balanza.

EQUIPO			MARCA
Horno eléctrico			Humboldt
COSTO NETO			
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO			\$6.970.300,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO (10%)			\$697.030,00
VALOR NETO A DESPRECIAR			\$6.273.270,00
COSTOS DE PROPIEDAD			
DEPRECIACION			\$3.136,64
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS			\$673,75
TOTAL COSTOS DE PROPIEDAD			\$3.810,38
COSTOS DE OPERACIÓN			
SALARIOS			
LABORATORISTA	\$1.350.000,00	TOTAL	\$9.225,00
CONSUMO ENERGIA( kWh)			\$524,30
MANTENIMIENTO			\$7.000,00
REPARACIONES			\$3.881,59
TOTAL COSTOS DE OPREACION			\$20.630,89
COSTOS DE PROPIEDAD			\$3.810,38
COSTOS DE OPERACIÓN			\$20.630,89
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$24.441,27
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)			\$6.110,32
VALOR DE LA TARIFA HORARIA			\$30.551,59

Tabla #11. Tarifa horaria Horno eléctrico.

EQUIPO			MARCA
Agitador mecánico			Controls
COSTO NETO			
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO			\$5.508.400,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO (10%)			\$550.840,00
VALOR NETO A DESPRECIAR			\$4.957.560,00
COSTOS DE PROPIEDAD			
DEPRECIACION			\$2.478,78
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS			\$532,44
TOTAL COSTOS D EPROPIEDAD			\$3.011,22
COSTOS DE OPERACIÓN			
SALARIOS			
LABORATORISTA	\$1.350.000,00	TOTAL	\$9.225,00
CONSUMO ENERGIA( kWh)			\$524,30
MANTENIMIENTO			\$7.000,00
REPARACIONES			\$3.067,49
TOTAL COSTOS DE OPREACION			\$19.816,79
COSTOS DE PROPIEDAD			\$3.011,22
COSTOS DE OPERACIÓN			\$19.816,79
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$22.828,01
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)			\$5.707,00
VALOR DE LA TARIFA HORARIA			\$28.535,02

Tabla #12. Tarifa horaria Agitador mecánico

EQUIPO			MARCA
Prensa hidráulica			Controls
COSTO NETO			
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO			\$30.076.400,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO (10%)			\$3.007.640,00
VALOR NETO A DESPRECIAR			\$27.068.760,00
COSTOS DE PROPIEDAD			
DEPRECIACION			\$13.534,38
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS			\$2.907,18
TOTAL COSTOS D EPROPIEDAD			\$16.441,56
COSTOS DE OPERACIÓN			
SALARIOS			
LABORATORISTA	\$1.350.000,00	TOTAL	\$9.225,00
CONSUMO ENERGIA( kWh)			\$524,30
MANTENIMIENTO			\$7.000,00
REPARACIONES			\$16.748,80
TOTAL COSTOS DE OPREACION			\$33.498,10
COSTOS DE PROPIEDAD			\$16.441,56
COSTOS DE OPERACIÓN			\$33.498,10
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$49.939,66
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)			\$12.484,92
VALOR DE LA TARIFA HORARIA			\$62.424,58

Tabla #13. Tarifa horaria Prensa hidráulica

<b>EQUIPO</b>		<b>MARCA</b>
Moldes metálicos (10%)		
<b>COSTO NETO</b>		
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO		\$1.126.900,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO (10%)		\$112.690,00
VALOR NETO A DESPRECIAR		\$1.014.210,00
<b>COSTOS DE PROPIEDAD</b>		
DEPRECIACION		\$507,11
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS		\$108,93
TOTAL COSTOS D EPROPIEDAD		\$616,03
<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>		
<b>SALARIOS</b>		
LABORATORISTA	\$ -	TOTAL \$ -
CONSUMO ENERGIA( kWh)		\$ -
MANTENIMIENTO		\$ -
REPARACIONES		\$627,54
TOTAL COSTOS DE OPREACION		\$627,54
COSTOS DE PROPIEDAD		\$616,03
COSTOS DE OPERACIÓN		\$627,54
TOTAL COSTOS DIRECTOS		\$1.243,57
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)		\$310,89
<b>VALOR DE LA TARIFA HORARIA</b>		<b>\$1.554,47</b>

Tabla #14. Tarifa horaria Moldes metálicos

EQUIPO			MARCA
Penetro metro Dinámico Compactación			TRL
COSTO NETO			
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO			\$1.685.700,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO (10%)			\$168.570,00
VALOR NETO A DESPRECIAR			\$1.517.130,00
COSTOS DE PROPIEDAD			
DEPRECIACION			\$758,57
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS			\$162,94
TOTAL COSTOS D EPROPIEDAD			\$921,50
COSTOS DE OPERACIÓN			
SALARIOS			
LABORATORISTA	\$1.350.000,00	TOTAL	\$9.225,00
CONSUMO ENERGIA( kWh)			\$ -
MANTENIMIENTO			\$7.000,00
REPARACIONES			\$938,72
TOTAL COSTOS DE OPREACION			\$17.163,72
COSTOS DE PROPIEDAD			\$921,50
COSTOS DE OPERACIÓN			\$17.163,72
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$18.085,23
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)			\$4.521,31
VALOR DE LA TARIFA HORARIA			\$22.606,54

Tabla #15. Tarifa horaria Penetro metro dinámico



EQUIPO			MARCA
Micro Deval			
COSTO NETO			
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO			\$5.612.600,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO (10%)			\$561.260,00
VALOR NETO A DESPRECIAR			\$5.051.340,00
COSTOS DE PROPIEDAD			
DEPRECIACION			\$2.525,67
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS			\$542,51
TOTAL COSTOS D EPROPIEDAD			\$3.068,18
COSTOS DE OPERACIÓN			
SALARIOS			
LABORATORISTA	\$1.350.000,00	TOTAL	\$9.225,00
CONSUMO ENERGIA( kWh)			\$524,30
MANTENIMIENTO			\$7.000,00
REPARACIONES			\$3.125,52
TOTAL COSTOS DE OPREACION			\$19.874,82
COSTOS DE PROPIEDAD			\$3.068,18
COSTOS DE OPERACIÓN			\$19.874,82
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$22.943,00
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)			\$5.735,75
VALOR DE LA TARIFA HORARIA			\$28.678,75

Tabla #16. Tarifa horaria Micro deval

EQUIPO			MARCA
Cono de arena			
COSTO NETO			
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO			\$272.800,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO (10%)			\$27.280,00
VALOR NETO A DESPRECIAR			\$245.520,00
COSTOS DE PROPIEDAD			
DEPRECIACION			\$122,76
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS			\$26,37
TOTAL COSTOS D EPROPIEDAD			\$149,13
COSTOS DE OPERACIÓN			
SALARIOS			
LABORATORISTA	\$1.350.000,00	TOTAL	\$9.225,00
CONSUMO ENERGIA( kWh)			\$ -
MANTENIMIENTO			\$7.000,00
REPARACIONES			\$51,92
TOTAL COSTOS DE OPREACION			\$16.376,92
COSTOS DE PROPIEDAD			\$149,13
COSTOS DE OPERACIÓN			\$16.376,92
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$16.526,04
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)			\$ 4.131,51
VALOR DE LA TARIFA HORARIA			\$20.657,56

Tabla #17. Tarifa horaria Cono de arena

EQUIPO			MARCA
Speedy (humedad)			
COSTO NETO			
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO			\$2.982.700,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO (10%)			\$298.270,00
VALOR NETO A DESPRECIAR			\$2.684.430,00
COSTOS DE PROPIEDAD			
DEPRECIACION			\$1.342,22
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS			\$288,31
TOTAL COSTOS D EPROPIEDAD			\$1.630,52
COSTOS DE OPERACIÓN			
SALARIOS			
LABORATORISTA	\$1.350.000,00	TOTAL	\$ 9.225,00
CONSUMO ENERGIA( kWh)			\$ -
MANTENIMIENTO			\$ 7.000,00
REPARACIONES			\$1.660,99
TOTAL COSTOS DE OPREACION			\$17.885,99
COSTOS DE PROPIEDAD			\$1.630,52
COSTOS DE OPERACIÓN			\$17.885,99
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$19.516,51
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)			\$4.879,13
VALOR DE LA TARIFA HORARIA			\$ 24.395,64

Tabla #18. Tarifa horaria Speedy

EQUIPO			MARCA
Maquina digital para compresión			Controls
COSTO NETO			
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO			\$23.156.600,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO (10%)			\$2.315.660,00
VALOR NETO A DESPRECIAR			\$20.840.940,00
COSTOS DE PROPIEDAD			
DEPRECIACION			\$10.420,47
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS			\$2.238,32
TOTAL COSTOS D EPROPIEDAD			\$12.658,79
COSTOS DE OPERACIÓN			
SALARIOS			
LABORATORISTA	\$1.350.000,00	TOTAL	\$9.225,00
CONSUMO ENERGIA( kWh)			\$524,30
MANTENIMIENTO			\$7.000,00
REPARACIONES			\$12.895,33
TOTAL COSTOS DE OPREACION			\$29.644,63
COSTOS DE PROPIEDAD			\$12.658,79
COSTOS DE OPERACIÓN			\$29.644,63
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$42.303,42
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)			\$10.575,85
VALOR DE LA TARIFA HORARIA			\$52.879,27

Tabla #19. Tarifa horaria Maquina digital para compresión

EQUIPO			MARCA
Consolido metro			
COSTO NETO			
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO			\$8.000.000,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO (10%)			\$800.000,00
VALOR NETO A DESPRECIAR			\$7.200.000,00
COSTOS DE PROPIEDAD			
DEPRECIACION			\$3.600,00
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS			\$773,28
TOTAL COSTOS D EPROPIEDAD			\$4.373,28
COSTOS DE OPERACIÓN			
SALARIOS			
LABORATORISTA	\$1.350.000,00	TOTAL	\$9.225,00
CONSUMO ENERGIA( kWh)			\$524,30
MANTENIMIENTO			\$7.000,00
REPARACIONES			\$4.455,00
TOTAL COSTOS DE OPREACION			\$21.204,30
COSTOS DE PROPIEDAD			\$4.373,28
COSTOS DE OPERACIÓN			\$21.204,30
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$25.577,58
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)			\$6.394,40
VALOR DE LA TARIFA HORARIA			\$31.971,98

Tabla #20. Tarifa horaria Consolido metro

<b>EQUIPO</b>		<b>MARCA</b>
Tamizadora		Gilson
<b>COSTO NETO</b>		
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO		\$3.642.100,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO (10%)		\$364.210,00
VALOR NETO A DESPRECIAR		\$3.277.890,00
<b>COSTOS DE PROPIEDAD</b>		
DEPRECIACION		\$1.638,95
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS		\$352,05
TOTAL COSTOS D EPROPIEDAD		\$1.990,99
<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>		
<b>SALARIOS</b>		
LABORATORISTA	\$1.350.000,00	TOTAL \$9.225,00
CONSUMO ENERGIA( kWh)		\$524,30
MANTENIMIENTO		\$7.000,00
REPARACIONES		\$2.028,19
TOTAL COSTOS DE OPREACION		\$18.777,49
COSTOS DE PROPIEDAD		\$1.990,99
COSTOS DE OPERACIÓN		\$18.777,49
TOTAL COSTOS DIRECTOS		\$20.768,48
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)		\$5.192,12
<b>VALOR DE LA TARIFA HORARIA</b>		<b>\$25.960,61</b>

Tabla #21. Tarifa horaria Tamizadora

<b>EQUIPO</b>		<b>MARCA</b>
Martillo compactador proctor/CBR		
<b>COSTO NETO</b>		
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO		\$132.800,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO (10%)		\$13.280,00
VALOR NETO A DESPRECIAR		\$119.520,00
<b>COSTOS DE PROPIEDAD</b>		
DEPRECIACION		\$59,76
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS		\$12,84
TOTAL COSTOS D EPROPIEDAD		\$72,60
<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>		
<b>SALARIOS</b>		
LABORATORISTA	\$1.350.000,00	TOTAL \$9.225,00
CONSUMO ENERGIA( kWh)		\$ -
MANTENIMIENTO		\$7.000,00
REPARACIONES		\$73,95
TOTAL COSTOS DE OPREACION		\$16.298,95
COSTOS DE PROPIEDAD		\$72,60
COSTOS DE OPERACIÓN		\$16.298,95
TOTAL COSTOS DIRECTOS		\$16.371,55
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)		\$4.092,89
<b>VALOR DE LA TARIFA HORARIA</b>		<b>\$20.464,44</b>

Tabla #22. Tarifa horaria Martillo compactador

EQUIPO			MARCA
Baño termostático			Humboldt
COSTO NETO			
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO			\$7.956.000,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO (10%)			\$795.600,00
VALOR NETO A DESPRECIAR			\$7.160.400,00
COSTOS DE PROPIEDAD			
DEPRECIACION			\$3.580,20
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS			\$769,03
TOTAL COSTOS D EPROPIEDAD			\$4.349,23
COSTOS DE OPERACIÓN			
SALARIOS			
LABORATORISTA	\$1.350.000,00	TOTAL	\$9.225,00
CONSUMO ENERGIA( kWh)			\$524,30
MANTENIMIENTO			\$7.000,00
REPARACIONES			\$4.430,50
TOTAL COSTOS DE OPREACION			\$21.179,80
COSTOS DE PROPIEDAD			\$4.349,23
COSTOS DE OPERACIÓN			\$21.179,80
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$25.529,02
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)			\$6.382,26
VALOR DE LA TARIFA HORARIA			\$31.911,28

Tabla #23. Tarifa horaria Baño termostático



EQUIPO			MARCA
Tamiz No.4			
COSTO NETO			
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO			\$161.400,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO(10%)			\$16.140,00
VALOR NETO A DESPRECIAR			\$145.260,00
COSTOS DE PROPIEDAD			
DEPRECIACION			\$72,63
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS			\$15,60
TOTAL COSTOS D EPROPIEDAD			\$88,23
COSTOS DE OPERACIÓN			
SALARIOS			
LABORATORISTA	\$1.350.000,00	TOTAL	\$ -
CONSUMO ENERGIA( kWh)			\$ -
MANTENIMIENTO			\$ -
REPARACIONES			\$89,88
TOTAL COSTOS DE OPREACION			\$89,88
COSTOS DE PROPIEDAD			\$88,23
COSTOS DE OPERACIÓN			\$89,88
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$178,11
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)			\$44,53
VALOR DE LA TARIFA HORARIA			\$222,64

Tabla #24. Tarifa horaria Tamiz No.4

<b>EQUIPO</b>		<b>MARCA</b>
Tamiz No.3		Controls
<b>COSTO NETO</b>		
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO		\$153.800,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO(10%)		\$15.380,00
VALOR NETO A DESPRECIAR		\$138.420,00
<b>COSTOS DE PROPIEDAD</b>		
DEPRECIACION		\$69,21
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS		\$14,87
TOTAL COSTOS D EPROPIEDAD		\$84,08
<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>		
<b>SALARIOS</b>		
LABORATORISTA	\$1.350.000,00	TOTAL \$ -
CONSUMO ENERGIA( kWh)		\$ -
MANTENIMIENTO		\$-
REPARACIONES		\$85,65
TOTAL COSTOS DE OPREACION		\$85,65
COSTOS DE PROPIEDAD		\$84,08
COSTOS DE OPERACIÓN		\$85,65
TOTAL COSTOS DIRECTOS		\$169,72
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)		\$42,43
<b>VALOR DE LA TARIFA HORARIA</b>		<b>\$ 212,15</b>

Tabla #25. Tarifa horaria Tamiz No.3

EQUIPO			MARCA
Tamiz 3/4"			
COSTO NETO			
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO			\$172.100,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO(10%)			\$17.210,00
VALOR NETO A DESPRECIAR			\$154.890,00
COSTOS DE PROPIEDAD			
DEPRECIACION			\$77,45
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS			\$16,64
TOTAL COSTOS D EPROPIEDAD			\$94,08
COSTOS DE OPERACIÓN			
SALARIOS			
LABORATORISTA	\$1.350.000,00	TOTAL	\$ -
CONSUMO ENERGIA( kWh)			\$ -
MANTENIMIENTO			\$ -
REPARACIONES			\$95,84
TOTAL COSTOS DE OPREACION			\$95,84
COSTOS DE PROPIEDAD			\$94,08
COSTOS DE OPERACIÓN			\$95,84
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$189,92
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)			\$47,48
VALOR DE LA TARIFA HORARIA			\$237,40

Tabla #26. Tarifa horaria Tamiz ¾ “

EQUIPO			MARCA
Tamiz 3/4"			
COSTO NETO			
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO			\$172.100,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO(10%)			\$17.210,00
VALOR NETO A DESPRECIAR			\$154.890,00
COSTOS DE PROPIEDAD			
DEPRECIACION			\$77,45
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS			\$16,64
TOTAL COSTOS D EPROPIEDAD			\$94,08
COSTOS DE OPERACIÓN			
SALARIOS			
LABORATORISTA	\$1.350.000,00	TOTAL	\$ -
CONSUMO ENERGIA( kWh)			\$ -
MANTENIMIENTO			\$ -
REPARACIONES			\$95,84
TOTAL COSTOS DE OPREACION			\$95,84
COSTOS DE PROPIEDAD			\$94,08
COSTOS DE OPERACIÓN			\$95,84
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$189,92
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)			\$47,48
VALOR DE LA TARIFA HORARIA			\$237,40

Tabla #27. Tarifa horaria Tamiz 3/8"

EQUIPO			MARCA
Hidrómetro			
COSTO NETO			
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO			\$148.500,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO (10%)			\$14.850,00
VALOR NETO A DESPRECIAR			\$133.650,00
COSTOS DE PROPIEDAD			
DEPRECIACION			\$66,83
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS			\$14,35
TOTAL COSTOS D EPROPIEDAD			\$81,18
COSTOS DE OPERACIÓN			
SALARIOS			
LABORATORISTA	\$1.350.000,00	TOTAL	\$9.225,00
CONSUMO ENERGIA( kWh)			\$ 524,30
MANTENIMIENTO			\$7.000,00
REPARACIONES			\$82,70
TOTAL COSTOS DE OPREACION			\$16.832,00
COSTOS DE PROPIEDAD			\$81,18
COSTOS DE OPERACIÓN			\$16.832,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$16.913,17
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)			\$4.228,29
VALOR DE LA TARIFA HORARIA			\$21.141,47

Tabla #28. Tarifa horaria Hidrómetro

<b>EQUIPO</b>		<b>MARCA</b>
Deformimetro		
<b>COSTO NETO</b>		
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO		\$300.000,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO (10%)		\$30.000,00
VALOR NETO A DESPRECIAR		\$270.000,00
<b>COSTOS DE PROPIEDAD</b>		
DEPRECIACION		\$135,00
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS		\$29,00
TOTAL COSTOS D EPROPIEDAD		\$164,00
<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>		
<b>SALARIOS</b>		
LABORATORISTA	\$ 1.350.000,00	TOTAL \$ -
CONSUMO ENERGIA( kWh)		\$ -
MANTENIMIENTO		\$ -
REPARACIONES		\$167,06
TOTAL COSTOS DE OPREACION		\$167,06
COSTOS DE PROPIEDAD		\$164,00
COSTOS DE OPERACIÓN		\$167,06
TOTAL COSTOS DIRECTOS		\$331,06
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)		\$82,77
<b>VALOR DE LA TARIFA HORARIA</b>		<b>\$413,83</b>

Tabla #29. Tarifa horaria Deformimetro

EQUIPO			MARCA
Batidora mecanica			
COSTO NETO			
PRECIO ENTREGA DEL EQUIPO			\$1.889.500,00
MENOS VALOR DE SALVAMENTO(10%)			\$188.950,00
VALOR NETO A DESPRECIAR			\$1.700.550,00
COSTOS DE PROPIEDAD			
DEPRECIACION			\$850,28
INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS			\$182,64
TOTAL COSTOS D EPROPIEDAD			\$1.032,91
COSTOS DE OPERACIÓN			
SALARIOS			
LABORATORISTA	\$1.350.000,00	TOTAL	\$9.225,00
CONSUMO ENERGIA( kWh)			\$524,30
MANTENIMIENTO			\$7.000,00
REPARACIONES			\$1.052,22
TOTAL COSTOS DE OPREACION			\$17.801,52
COSTOS DE PROPIEDAD			\$1.032,91
COSTOS DE OPERACIÓN			\$17.801,52
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$18.834,43
COSTOS INDIRECTOS (25% C. DIRECTOS)			\$4.708,61
VALOR DE LA TARIFA HORARIA			\$23.543,04

Tabla #30. Tarifa horaria Batidora mecánica

#### 4.3 costos de producción de los ensayos

Para determinar los costos de producción y estimar un precio de venta para los ensayos se aplicó la teoría de análisis de precios unitarios(APU), donde nuestra unidad es horas-hombres y ensayos-hora, analizando costos de materiales efectivos, mano de obra directa con su respectivo porcentaje de desperdicio(5%) y rendimiento de los equipos por hora, y de esta manera calcula el costo unitario de los ensayos dividiendo el costo total o por unidad sobre la cantidad de producción o rendimiento, y al final sumándose los subtotales para obtener un precio por unidad de ensayo.

A continuación, se muestran una serie de tablas correspondientes al cálculo del precio unitario de los ensayos:

ENSAYO : EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADOS FINOS				UND:	ENSAYO
ID	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	PRECIO UNIT(\$)	SUBTOTAL(\$)
MT002	muestra	5	KGR	0	0
IS001	probeta	1	UND	0	0
IS002	pesa metálica	1	UND	0	0
IS003	grifo regador	1	UND	0	0
EQ001	balanza	1	HORA	23.833,40	23833,4
EQ002	horno	1	HORA	30.551,59	30551,59
EQ003	agitador mecánico	1	HORA	28.535,02	28535,02
EQ015	tamiz # 4	1	HORA	222,64	222,64
MO001	laboratorista	1	HORA	11929,16	11929,16
HM001	desperdicio	5	%	11929,16	596,458
				PRECIO UNITARIO TOTAL	95668,26

Tabla #31. EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADOS FINOS



ENSAYO: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LOS AGREGADOS GRUESOS POR EL MÉTODO DE 10% DE FINOS (VÍA SECA)				UND:	ENSAYO
ID	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	PRECIO UNIT	SUBTOTAL
MT002	muestra	5	KGR	0	0
IS004	platos	1	UND	0	0
EQ001	balanza	2	HORA	23.833,40	11916,7
EQ004	prensa hidráulica	2	HORA	62.424,56	31212,28
EQ005	molde 10% finos	2	HORA	1.554,44	777,22
EQ016	tamiz 3/4	2	HORA	237,37	118,685
EQ017	tamiz 3/8	2	HORA	237,37	118,685
MO001	laboratorista	2	HORA	11929,16	5964,58
HM001	desperdicio	5	%	11929,16	298,229
				PRECIO UNITARIO TOTAL	50406,38

Tabla #32. 10% FINOS VIA SECA

ENSAYO : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LOS AGREGADOS GRUESOS POR EL MÉTODO DE 10% DE FINOS (VIA HUMEDA)				UND:	ENSAYO
ID	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	PRECIO UNIT	SUBTOTAL
MT002	muestra	5	KGR	0	0
IS004	platos	1	UND	0	0
EQ001	balanza	0,5	HORA	23.833,40	47666,8
EQ004	prensa hidráulica	0,5	HORA	62.424,56	124849,12
EQ005	molde 10% finos	0,5	HORA	1.554,44	3108,88
EQ016	tamiz 3/4	0,5	HORA	237,37	474,74
EQ017	tamiz 3/8	0,5	HORA	237,37	474,74
MO001	laboratorista	0,5	HORA	11929,16	23858,32
HM001	desperdicio	5	%	11929,16	1192,916
		,		PRECIO UNITARIO TOTAL	201625,52

Tabla #33. 10% FINOS VIA HUMEDA

ENSAYO: MÉTODO DE ENSAYO NORMAL PARA EL USO DEL PENETRÓ METRO DINÁMICO DE CONO EN APLICACIONES DE PAVIMENTOS A POCA PROFUNDIDAD				UND:	ENSAYO
ID	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	PRECIO UNIT	SUBTOTAL
MT001	muestra	5	KGR	0	0
EQ006	penetro metro dinámico compactación	1,09	HORA	22.606,51	20739,9174
MO001	laboratorista	1,09	HORA	11929,16	10944,1835
HM001	desperdicio	5	%	11929,16	547,209174
		,		PRECIO UNITARIO TOTAL	32231,31

Tabla #34. PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO (PDC)

ENSAYO : DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AGREGADO GRUESO POR ABRASION (MICRO DEVAL)				UND:	ENSAYO
ID	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	PRECIO UNIT	SUBTOTAL
MT002	muestra	5	KGR	0	0
IS006	barra imantada	1	UND	0	0
IS005	cronometro	1	UND	0,00	0
EQ001	balanza	0,33	HORA	23.833,40	72222,42
EQ002	horno	0,33	HORA	30.551,56	92580,48
EQ007	micro deval	0,33	HORA	28.677,50	86901,52
MO001	laboratorista	0,33	HORA	11929,16	36148,97
HM001	desperdicio	5	%	11929,16	1807,45
		,		PRECIO UNITARIO TOTAL	289660,84

Tabla #35. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AGREGADO GRUESO (MICRO DEVAL)

ENSAYO : INDICE DE ALARGAMIENTO Y APLANAMIENTO				UND:	ENSAYO
ID	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	PRECIO UNIT	SUBTOTAL
MT002	muestra	5	KGR	0	0
IS004	platones	1	UND	0	0
IS007	plantillas	1	UND	0,00	0
EQ001	balanza	0,63	HORA	24.477,12	38852,57
EQ018	tamiz #3	0,63	HORA	212,14	336,73
EQ015	tamiz #4	0,63	HORA	237,95	377,70
MO001	laboratorista	0,63	HORA	11929,16	18935,17
HM001	desperdicio	5	%	11929,16	946,76
		,		PRECIO UNITARIO TOTAL	59448,93

Tabla #36. ALARGAMIENTO Y APLANAMIENTO

ENSAYO : TERRONES DE ARCILLA				UND:	ENSAYO
ID	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	PRECIO UNIT	SUBTOTAL
MT002	muestra	5	KGR	0	0
IS004	platones	1	UND	0	0
EQ001	balanza	0,75	HORA	23.833,40	31777,87
EQ002	horno	0,75	HORA	30.551,56	40735,41
MO001	laboratorista	0,75	HORA	11929,16	15905,55
HM001	desperdicio	5	%	11929,16	795,28
		,		PRECIO UNITARIO TOTAL	89214,10

Tabla #37. TERRONES DE ARCILLA

ENSAYO : DENSIDAD O MASA UNITARIA DEL SUELO EN EL TERRENO MÉTODO DEL CONO DE ARENA				UND:	ENSAYO
ID	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	PRECIO UNIT	SUBTOTAL
MT002	muestra	5	KGR	0	0
IS008	carretilla	1	UND	0	0
EQ001	balanza	1	HORA	23.833,40	23833,4
EQ009	Speedy	1	HORA	24.395,61	24395,61
EQ008	cono de arena	1	HORA	20.657,53	20657,53
MO001	laboratorista	1	HORA	11929,16	11929,16
HM001	desperdicio	5	%	11929,16	596,458
				PRECIO UNITARIO TOTAL	81412,16

Tabla #38. DENSIDAD O MASA UNITARIA DEL SUELO EN EL TERRENO  
MÉTODO DEL CONO DE ARENA

ENSAYO : COMPRESION INCONFINADA DE LOS SUELOS				UND:	ENSAYO
ID	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	PRECIO UNIT	SUBTOTAL
MT002	muestra	5	KGR	0	0
IS010	espátula	1	UND	0	0
IS011	serrucho	1	UND	0	0
IS004	platos	1	UND	0	0
IS009	deformimetro	1,33	HORA	413,81	311,135338
EQ010	compresión inconfiada	1,33	HORA	52.879,26	39758,8421
MO001	laboratorista	1,33	HORA	11929,16	8969,29323
HM001	desperdicio	5	%	11929,16	448,464662
				PRECIO UNITARIO TOTAL	49487,74

Tabla #39. COMPRESION INCONFINADA DE LOS SUELOS

ENSAYO : CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS				UND:	ENSAYO
ID	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	PRECIO UNIT	SUBTOTAL
MT002	muestra	5	KGR	0	0
IS010	espátula	1	UND	0	0
EQ001	balanza	0,1	HORA	23.833,40	238334
EQ011	consolido metro	0,1	HORA	31.971,97	319719,7
MO001	laboratorista	0,1	HORA	11929,16	119291,6
HM001	desperdicio	5	%	11929,16	5964,58
				PRECIO UNITARIO TOTAL	683309,88

Tabla #40. CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS

ENSAYO : ANALISIS GRANULOMETRICO				UND:	ENSAYO
ID	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	PRECIO UNIT	SUBTOTAL
MT002	muestra	5	KGR	0	0
IS004	platos	1	UND	0	0
EQ001	balanza	2	HORA	23.833,40	11916,7
EQ002	horno	2	HORA	30.551,56	15275,78
EQ012	tamizadora eléctrica	2	HORA	25.960,57	12980,285
MO001	laboratorista	2	HORA	11929,16	5964,58
HM001	desperdicio	5	%	11929,16	298,229
				PRECIO UNITARIO TOTAL	46435,57

Tabla #41. ANALISIS GRANULOMETRICO

ENSAYO : RELACIONES DE HUMEDAD – MASA UNITARIA SECA EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACION)				UND:	ENSAYO
ID	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	PRECIO UNIT	SUBTOTAL
MT002	muestra	5	KGR	0	0
IS001	probeta	1	UND	0	0
IS012	brocha	1	UND	0	0
ISO16	Regla para enrazar	1	UND	0	0
EQ001	balanza	0,75	HORA	23.833,40	31777,8667
EQ002	horno	0,75	HORA	30.551,56	40735,4133
EQ013	martillo compactador	0,75	HORA	20.464,42	27285,8933
MO001	laboratorista	0,75	HORA	11929,16	15905,5467
HM001	desperdicio	5	%	11929,16	795,277333
				PRECIO UNITARIO TOTAL	116500,00

Tabla #42 RELACIONES DE HUMEDAD – MASA UNITARIA SECA EN LOS SUELOS

ENSAYO : CBR DE LABORATORIO				UND:	ENSAYO
ID	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	PRECIO UNIT	SUBTOTAL
MT002	muestra	5	KGR	0	0
IS002	pesa metálica	1	UND	0	0
IS009	deformimetro	0,28	UND	413,81	1477,892857
EQ004	prensa hidráulica	0,28	UND	62.424,56	222944,8571
EQ001	balanza	0,28	HORA	23.833,40	85119,28571
EQ002	horno	0,28	HORA	30.551,56	109112,7143


EQ013	martillo compactador	0,28	HOR A	20.464,42	73087,21429
MO001	laboratorista	0,28	HOR A	11929,16	42604,14286
HM001	desperdicio	5	%	11929,16	2130,207143
				PRECIO UNITARIO TOTAL	536476,31

Tabla #43 CBR DE LABORATORIO

ENSAYO : ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDROMETRÍA				UND:	ENSAYO
ID	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	PRECIO UNIT	SUBTOTAL
MT002	muestra	5	KGR	0	0,0
IS013	batidora	0,33	HOR A	23.543,01	71342,5
IS014	termómetro	0	UND	0,00	0,0
IS005	cronometro	0	UND	0,00	0,0
EQ001	balanza	0,33	HOR A	23.833,40	72222,4
EQ002	horno	0,33	HOR A	30.551,56	92580,5
EQ019	hidrómetro	0,33	HOR A	21.141,43	64064,9
EQ014	baño de maría	0,33	HOR A	31.911,26	96700,8
MO001	laboratorista	0,33	HOR A	11929,16	36149,0
HM001	desperdicio	5	%	11929,16	1807,448
				PRECIO UNITARIO TOTAL	434867,51

Tabla #44 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDROMETRÍA


A continuación se presenta una tabla comparando los precios determinados anteriormente con respecto a los que la Pontificia Universidad Javeriana y la Universidad de los andes ofrecen.

UNIVERSIDAD	Pontificia Universidad Javeriana	 Pontificia Universidad JAVERIANA Colombia
ENSAYO	NORMA	PRECIOS 2017
Equivalente de arena de suelos y agregados finos	INV E 133: 2013	\$ 82.900,00
Determinación del valor del 10% de finos (Valor en seco y húmedo, Relación Húmedo/Seco).	INV E 224: 2013	\$ 218.900,00
Determinación de la resistencia del agregado grueso a la degradación por abrasión utilizando el aparato Micro-Deval	INV E 238: 2013	\$ 245.500,00
Índices de aplanamiento y de alargamiento de los agregados para carreteras	INV E 230: 2013	\$ 106.860,00
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales en los agregados	INV E 211:2013	\$ 112.800,00
Densidad de Campo Método del Cono de Arena		\$ 74.554,00
Compresión inconfiada en muestras de suelo	INV E 152: 2013	\$ 59.683,00
Consolidación unidimensional de suelos ( Método A o B)	INV E 151: 2013	\$ 565.000,00
Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos, Análisis granulométrico de suelos por tamizado: Granulometría por tamizado con lavado sobre tamiz No. 200	INV E 123: 2013	\$ 78.678,00
Relaciones de humedad - peso unitario seco en los suelos (ensayo modificado de compactación): – Método A (molde 1/30 pie3 ) PROCTOR	INV E 142: 2013	\$ 135.900,00
Relaciones de humedad - peso unitario seco en los suelos (ensayo modificado de compactación): – Método B (molde 1/30 pie3 ) PROCTOR	INV E 142: 2013	\$ 135.900,00




Relaciones de humedad - peso unitario seco en los suelos (ensayo modificado de compactación): – Método C (molde 1/30 pie3 ) PROCTOR	INV E 142: 2013	\$ 135.900,00
Relación de soporte del suelo en laboratorio CBR (Suelos Granulares)	INV E 148: 2013	\$ 295.571,00
Relación de soporte del suelo en laboratorio CBR (Suelos Cohesivos)	INV E 148: 2013	\$ 808.714,00
Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos, Granulometría combinada por tamizado e hidrometría	INV E 123: 2013	\$ 171.100,00

Tabla #45. Precios Pontificia Universidad Javeriana

UNIVERSIDAD	Universidad de los Andes	 <b>Universidad de los Andes</b> Facultad de Economía
ENSAYO	NORMA	PRECIOS 2017
Equivalente de arena	INV E133-07	\$ 64.000,00
Evaluación de la resistencia mecánica por el método de 10 % de Finos	INV E224-07	\$ 165.000,00
Resistencia al desgaste Agregado Grueso con Micro Deval	INV E238-07	\$ 200.000,00
Índice de Alargamiento y Aplanamiento	INV E230-07	\$ 85.000,00
Resistencia a la compresión inconfiada esfuerzo de resistencia a la Compresión (0-15)kg/cm	NTC 1527-2000	\$ 65.000,00
Granulometría por Tamizado sin Lavado	NTC 77-07	\$ 40.000,00
Granulometría por Tamizado con Lavado	NTC 78-07	\$ 50.000,00

Compactación Proctor Estándar, % de humedad, densidad húmeda y seca. (0-40%), (1.7-2.2 g/cm <sup>3</sup> ), (1.3-1.8 g/cm <sup>3</sup> )	INV 07 E141-	\$ 85.000,00
CBR Relación de soporte de California (0-100%) ( 12 Puntos) Material Cohesivo	INV 07 E148-	\$ 532.000,00

Tabla #46. Precios Universidad de los Andes

UNIVERSIDAD :		
ENSAYO	NORMA	PRECIOS 2018
Equivalente de arena y agregados finos	INV E-133- 07	\$ 95.683,54
Evaluación de la resistencia mecánica de los agregados gruesos por el método de 10% de finos (vía seca)	INV E-224- 07	\$ 50.406,38
Evaluación de la resistencia mecánica de los agregados gruesos por el método de 10% de finos (vía húmeda)	INV E-224- 07	\$ 201.625,52
Método de ensayo normal para el uso del penetrómetro dinámico de cono en aplicaciones de pavimentos a poca profundidad	INV E-172- 07	\$ 32.231,31
Determinación de la resistencia del agregado grueso al desgaste por abrasión utilizando el aparato micro-deval	INV E-238- 07	\$ 289.660,84
Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados	INV E-230- 07	\$ 59.448,93
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	INV E-106- 07	\$ 89.214,10
Densidad o masa unitaria del suelo en el terreno método del cono de arena	INV E-161- 07	\$ 81.412,16
Compresión inconfiada de los suelos	INV E-152- 07	\$ 49.487,74

Consolidación unidimensional de los suelos	INV E-151- 07	\$ 683.309,88
Granulometría (tamizado)	INV E-123- 07	\$ 46.435,57
Relaciones de humedad – masa unitaria seca en los suelos (ensayo modificado de compactación)	INV E-142- 07	\$ 116.500,00
CBR(relación de soporte de california)	INV E-148- 07	\$ 536.476,31
Análisis granulométrico por Hidrometría	INV E-124- 07	\$ 434.867,51

Tabla #47. Precios Universidad Católica de Colombia

## CONCLUSIONES

- ❖ Se determinó el inventario de los ensayos realizables en su totalidad en la facultad de ingeniería civil de la Universidad Católica de Colombia, dando en evidencia cuales no se pueden ejecutar por falta de equipos, herramientas y capacitación de los laboratoristas que están a cargo de ejecutar los ensayos.
- ❖ Se logró identificar, cuantificar y listar las herramientas, equipos, materiales e insumos con las que el laboratorio de la universidad cuenta. generándonos un criterio con respecto a mejoras que se pueden aplicar.
- ❖ Con la información antes mencionada se determinaron los costos de cada ensayo que se pueden realizar en un 100%, por medio del método del análisis de precio unitario, teniendo en cuenta aspectos como el tiempo de producción y las tarifas horarias de cada equipo a utilizar.
- ❖ Se concluye que algunos de los costos son elevados al compararlos con una línea base de productos ofrecidos por otras universidades, ya que este análisis se llevó a cabo teniendo en cuenta precios de equipos nuevos.
- ❖ El tiempo de consumo se utilizó para evidenciar el gasto de Horas Hombre en la totalidad de los ensayos, el cual fue de 30,57 horas.
- ❖ Las estadísticas determinadas para la frecuencia en que se ejecutan durante un semestre estos ensayos demuestran que la identificación de suelos es la práctica que más se realiza, ya que presenta un 12.76% en comparación de los otros.
- ❖ Se logró identificar la diferencia entre rendimiento por consumo y por productividad, cuya diferencia radica en que por consumo se habla de horas/ensayo y en productividad se refiere a ensayo/día u hora; siendo este último el empleado para la determinación de los costos del presente trabajo de grado.

## RECOMENDACIONES

- ❖ Es necesario que la universidad proporcione una actualización de equipos, herramienta e insumos para la ejecución de los ensayos
- ❖ Se recomienda comprar los equipos para la ejecución de nuevos ensayos y así implementarlos como practicas académicas y extra-académicas.
- ❖ se recomienda seguir con este tipo de trabajo con el fin de ampliar la lista de ensayos y así poder tener una competitividad frente a otras universidades.

DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LOS ENSAYOS  
REALIZABLES EN LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL DE LA  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

TRABAJO DE GRADO

---

CESAR AUGUSTO PUERTO  
COMBITA  
capuerto67@ucatolica.edu.co

---

LUIS FELIPE SIERRA  
lfsierra58@ucatolica.edu.co

---

Director  
CESAR DAVID QUINTANA CABEZA  
Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**American Association of State Highway and Transportation Officials. 1995.** DENSIDAD DEL CEMENTO HIDRÁULICO.

<http://ingenieriasalva.blogspot.com.co/>. [Online] 1995. [Cited: 09 13, 2017.]

<http://ingenieriasalva.blogspot.com.co/2009/04/astm-designacion-c-188-95.html>.

**American Society for Testing and Materials. 2004.** tiempos de fragado.

<https://www.astm.org/>. [Online] 2004. [Cited: 09 13, 2017.]

<https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C191-04B.htm>.

**Certificacion, Asociacion Española de Normalizacion y. 2007.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 24: Resistencia a la fatiga. [www.aenor.es](http://www.aenor.es). [Online] 12 09, 2007. [Cited: 09 13, 2019.] <https://es.scribd.com/document/258365967/UNE-EN-12697-24-2006-A1-2007-fatiga>.

**Instituto Colombiano de Normas Tecnicas Colombianas(ICONTEC). 1997.**

NTC33 Finura del cemento. <https://tienda.icontec.org/?v=42983b05e2f2>. [Online] 11 26, 1997. [Cited: 09 13, 2017.] <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC33.pdf>.

**Instituto nacional de Vias. 2007.** CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO.

<ftp://ftp.ani.gov.co>. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

<ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-310-07.pdf>.

**Instituto Nacional de Vias. 2007.** DENSIDAD DEL CEMENTO HIDRÁULICO.

<ftp://ftp.ani.gov.co>. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

<ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-307-07.pdf>.

—. 2007. fluidez del cemento. <ftp://ftp.ani.gov.co>. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

<ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-325-07.pdf>.

—. 2007. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO.

<ftp://ftp.ani.gov.co>. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

<ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-410-07.pdf>.

—. 2007. tiempos de fragado. <ftp://ftp.ani.gov.co>. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

<ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-305-07.pdf>.

- . **2008.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS. *ftp://ftp.unicauca.edu.co.* [Online] 08 28, 2008. [Cited: 09 13, 2017.] *ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-213-07.pdf.*
- Instituto nacional de Vias. 2007.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. *ftp://ftp.unicauca.edu.co.* [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.] *ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-123-07.pdf.*
- Instituto Nacional de Vias. 2007.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MEDIO DEL HIDRÓMETRO. *ftp://ftp.unicauca.edu.co.* [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.] *ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-124-07.pdf.*
- Instituto nacional de Vias. 2007.** CALOR DE HIDRATACION DEL CEMENTO HIDRÁULICO. *ftp://ftp.ani.gov.co.* [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.] *ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-309-07.pdf.*
- Instituto Nacional de Vias. 2007.** COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS. *ftp://ftp.unicauca.edu.co.* [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.] *ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-152-07.pdf.*
- . **2007.** CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS. *ftp://ftp.unicauca.edu.co.* [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.] *ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-151-07.pdf.*
- . **2007.** DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SUELOS. *ftp://ftp.unicauca.edu.co.* [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.] *ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-128-07.pdf.*
- . **2007.** DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA MÁXIMA Y MÍNIMA PARA EL CÁLCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA. *ftp://ftp.ani.gov.co.* [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.] *ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-136-07.pdf.*
- . **2007.** DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE MÉTODO DE CORTE DIRECTO (CD) (CONSOLIDADO DRENADO). *ftp://ftp.unicauca.edu.co.* [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.] *ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-154-07.pdf.*
- . **2007.** DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE CONTRACCIÓN DE LOS SUELOS. *ftp://ftp.unicauca.edu.co.* [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]



[ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\\_Normas\\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-127-07.pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-127-07.pdf).

—. **2007.** DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS.

<ftp://ftp.unicauca.edu.co>. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

[ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\\_Normas\\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-125-07.pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-125-07.pdf).

—. **2007.** ELABORACIÓN Y CURADO EN EL LABORATORIO DE MUESTRAS DE CONCRETO PARA ENSAYOS DE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN.

<ftp://ftp.ani.gov.co>. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

<ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-402-07.pdf>.

—. **2007.** EXPANSIÓN POTENCIAL DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLANDEXPUESTOS A LA ACCIÓN DE SULFATOS. <ftp://ftp.ani.gov.co>.

[Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

<ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-329-07.pdf>.

—. **2007.** FINURA DEL CEMENTO PORTLAND METODO DEL APARATO BLAINE. <ftp://ftp.ani.gov.co>. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

<ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-302-07.pdf>.

—. **2007.** GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS.

<ftp://ftp.ani.gov.co>. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

<ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-222-07.pdf>.

—. **2007.** LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS.

<ftp://ftp.unicauca.edu.co>. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

[ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\\_Normas\\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-126-07.pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-126-07.pdf).

—. **2007.** PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL SUELO MEDIANTE COMPRESIÓN TRIAXIAL. <ftp://ftp.unicauca.edu.co>. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

[ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\\_Normas\\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-153-07.pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-153-07.pdf).

—. **2007.** PERMEABILIDAD DE SUELOS GRANULARES (CABEZA CONSTANTE). <ftp://ftp.unicauca.edu.co>. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

[ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\\_Normas\\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-130-07.pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-130-07.pdf).

**International Organization for Standardization(ISO),International Electrotechnical Commission(IEC). 2005.** Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.

*file:///D:/anteproyecto%20ing%20civil/iso\_17025\_es.pdf*. [Online] 05 15, 2005. [Cited: 09 13, 2017.] *file:///D:/anteproyecto%20ing%20civil/iso\_17025\_es.pdf*.

**Vias, Instituto Nacional de. 2007.** DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA. *ftp://ftp.unicauca.edu.co*. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

*ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-122-07.pdf*.

**Vias, Instituto Nacional de. 2007.** DENSIDAD O MASA UNITARIA DEL SUELO EN EL TERRENO. *ftp://ftp.unicauca.edu.co*. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

*ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-161-07.pdf*.

—. **2007.** DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS. *ftp://ftp.ani.gov.co*. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

*ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-102-07.pdf*.

—. **2007.** DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AGREGADO GRUESO AL. *ftp://ftp.unicauca.edu.co*. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

*ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-238-07.pdf*.

—. **2007.** DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE VACÍOS EN AGREGADOS FINOS NO COMPACTADOS. *ftp://ftp.ani.gov.co*. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

*ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-239-07.pdf*.

**Vias, Instituto nacional de. 2007.** DUCTILIDAD DE LOS MATERIALES ASFALTICOS. *ftp://ftp.ani.gov.co*. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

*ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-702-07.pdf*.

**Vias, Instituto Nacional de. 2007.** ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN. *ftp://ftp.ani.gov.co*. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

*http://labsueloscivil.upbbga.edu.co/sites/default/files/Norma%20INV%20E-142-07\_0.pdf*.

—. **2007.** EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADOS FINOS. *ftp://ftp.ani.gov.co*. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

*ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-133-07.pdf*.

—. **2007.** EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LOS AGREGADOS. *ftp://ftp.ani.gov.co*. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

*ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar*

/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-224-07.pdf.

**Vias, Instituto Nacional de. 2008.** ÍNDICE DE APLANAMIENTO Y DE ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS. *ftp://ftp.unicauca.edu.co.* [Online] 08 28, 2008. [Cited: 09 13, 2017.]

*ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-230-07.pdf.*

**Vias, Instituto Nacional de. 2007.** MÉTODO DE ENSAYO NORMAL PARA EL USO DEL PENETRÓMETRO DINÁMICO. *ftp://ftp.unicauca.edu.co.* [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

*ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-172-07.pdf.*

**—. 2007.** MÓDULO DINÁMICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

*ftp://ftp.unicauca.edu.co.* [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

*ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-748-07.pdf.*

**—. 2007.** PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS.

*ftp://ftp.ani.gov.co.* [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

*ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-227-07.pdf.*

**Vias, Instituto Nacional de. 2007.** PREPARACIÓN EN SECO DE MUESTRAS DE SUELO Y SUELO-AGREGADO. *ftp://ftp.ani.gov.co.* [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

*ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-106-07.pdf.*

**Vias, Instituto nacional de. 2007.** PUNTO DE ABLANDAMIENTO DE MATERIALES BITUMINOSOS. *ftp://ftp.ani.gov.co.* [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

*ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-712-07.pdf.*

**Vias, Instituto Nacional de. 2007.** PUNTOS DE IGNICIÓN Y DE LLAMA MEDIANTE LA COPA ABIERTA CLEVELAND. *ftp://ftp.ani.gov.co.* [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

*ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-709-07.pdf.*

**vias, Instituto nacional de. 2007.** RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO. *ftp://ftp.ani.gov.co.* [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]

*ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-148-07.pdf.*

**Vias, Instituto Nacional de. 2007.** RELACIONES DE HUMEDAD – MASA UNITARIA SECA EN LOS SUELOS (ENSAYO NORMAL DE COMPACTACIÓN).

<http://labsueloscivil.upbbga.edu.co>. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]  
[http://labsueloscivil.upbbga.edu.co/sites/default/files/Norma%20INV%20E-141-07\\_0.pdf](http://labsueloscivil.upbbga.edu.co/sites/default/files/Norma%20INV%20E-141-07_0.pdf).

—. **2007.** RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1½") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES. <ftp://ftp.ani.gov.co>. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]  
<ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-218-07.pdf>.

—. **2007.** SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCIÓN DE LAS SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO O DE MAGNESIO. <ftp://ftp.ucauca.edu.co>. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]  
<ftp://190.107.20.102/informacion%20APP/Nuevo%20Cuarto%20de%20Datos/Normas%20Geotextiles/Norma%20INV%20E-220-07.pdf>.

—. **2007.** VALOR DE AZUL DE METILENO EN AGREGADOS FINOS. <ftp://ftp.ucauca.edu.co>. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]  
[ftp://ftp.ucauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\\_Normas\\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-235-07.pdf](ftp://ftp.ucauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-235-07.pdf).

—. **2007.** VISCOSIDAD SAYBOLT DE ASFALTOS. <ftp://ftp.ani.gov.co>. [Online] 05 07, 2007. [Cited: 09 13, 2017.]  
<ftp://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-714-07.pdf>.

**Vias, Instituto nacional de. 2007.** *viscosidad saybolt-furol de asfaltos.* Bogotá.Villavicencio : s.n., 2007.